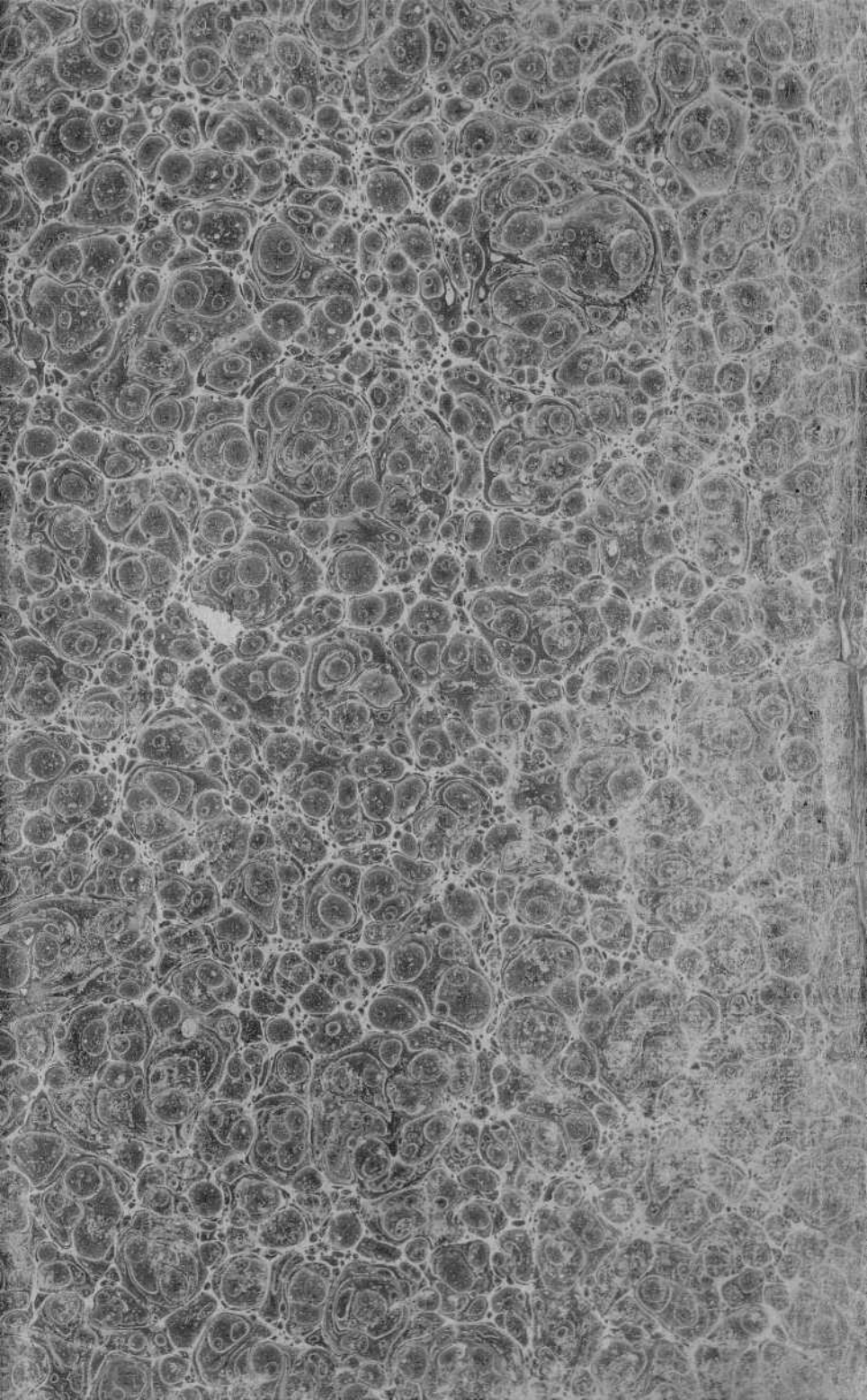


F. A. 10276

24306





R. 41850

EN DEPOSITO 24306

DONATIVO DEL
Dr. PEREZ-ARAPILES



PROLOGO

Al emprender la composición de la presente obra, fué mi objeto producir un libro útil, tanto á los estudiantes de Medicina, cuanto á los médicos prácticos. Al servicio de ese mi ambicioso propósito puse el modesto caudal de que al presente dispongo, á saber: toda mi voluntad, mis afanes de estudiante, diez años de explicación en cátedra y de ejercicio en el laboratorio, y la experiencia obtenida como resultado de mis anteriores publicaciones.

He procurado condensar en breve espacio la mayor enseñanza, y hacer ésta todo lo práctica posible; pues noto que nuestros actuales alumnos han ganado en erudición más que en aptitudes artísticas.

Ni un punto he olvidado el objeto final de este libro, y aunque no está en mis medios instituir una Fisiología exclusivamente del hombre, he procurado que lo sea en su mayor parte. Titúlense ó no FISIOLÓGIA HUMANA, las obras que nos vienen del extranjero tienen sabor

naturalista y se alejan de los fines de la enseñanza médica.

El título de este libro no me pertenece; es el que se da á la asignatura en el plan vigente de estudios.

No quiero perder la ocasión de tributar mi agradecimiento al Decano accidental del Colegio de San Carlos, Excmo. Sr. Dr. D. Julián Calleja, por las mejoras y ampliaciones que ha realizado en el laboratorio de Fisiología de mi cargo, así como por la solicitud que presta á los medios de experimentación. También se la debo al Ayudante Dr. Menéndez Potenciano y á los alumnos que han colaborado á mis investigaciones.

El Autor.

Madrid 1.º de Febrero de 1896.

Lección I.

Preliminares (Investigaciones fisiológicas).

Sumario: Fisiología: etimología, definición y división. — Fisiología general. — Fisiologías especiales. — Investigaciones fisiológicas. — Observación. — Experimentación. — Paralelo entre una y otra. — Criterio experimental. — Determinismo de los fenómenos; reglas. — Contraprueba. — Experimentación comparativa.

Fisiología. — Es la ciencia que conoce de los fenómenos de la vida normal y de las leyes que los rigen.

La Biología tiene un campo más extenso que la Fisiología, pues abarca los fenómenos de los seres vivos sin limitación alguna. La Biología comprende la Anatomía, que estudia la estática, y la Fisiología, que conoce de la dinámica de los seres vivos. La Fisiología pudiera llamarse biodinámica; mas no conviene introducir nombres modernos cuando los antiguos han recibido sanción histórica.

Etimología. — La palabra Fisiología deriva de las dos griegas *φύσις*, que significa naturaleza, y *λογος*, tratado ó discurso. El vocablo naturaleza debe entenderse en la acepción específica que ya le concedía Hippócrates.

Hippócrates concibió el sér viviente como unidad en la que todos los órganos se resuelven en un organismo, las funciones todas en una vida; y al organismo y la vida constituyendo una entidad, la denominó *Physis* ó *Naturaleza*.

División. — La Fisiología, como todas las ciencias que tie-

nen su objeto en la realidad del Universo, se presta á una naturalísima división, según que estudie los fenómenos en abstracto sin relación á especie alguna determinada, ó se refiera concretamente á tal ó cual especie. En el primer caso resulta la Fisiología general, y en el segundo las especiales.

Si el tema de estudio es, por ejemplo, el fenómeno de la contracción en lo que tiene de general y comprensivo para todos los protoplasmas, corresponde á la Fisiología general; pero si se trata de la contracción del corazón humano, es evidente que se refiere á la Fisiología especial del hombre.

En la adquisición de las verdades que constituyen un organismo científico, lo concreto ó analítico ha precedido á lo general y sintético; pero no es lo mismo construir una ciencia que enseñarla, y por esta diferencia aprovecha más al discípulo el conocimiento anticipado de cuanto hay de genérico ó de fundamental en los fenómenos. En una lección aprende hoy un alumno de Física el principio de la gravitación universal, que ha costado á la ciencia muchos siglos de tanteo, la flor del ingenio de Keplero, la sagacidad de Newton y los trabajos de comprobación que todavía han de perdurar por tiempo ilimitado.

Investigaciones fisiológicas. — El progreso de las ciencias es tan indefinido como limitados son nuestros instrumentos intelectuales. De aquí la necesidad de enseñar, á la vez que los conocimientos adquiridos, los métodos para aumentar el capital científico con nuevas investigaciones. Son las ciencias en general, y particularmente las no constituidas, á modo de edificios sin concluir que conservan el andamiaje para continuar la obra.

La adquisición de la verdad es tan costosa, que los hombres, desde los primeros tiempos, aplicaron para adquirirla todos los medios de conocer; y como la humanidad, pese á su labor secular, no ha adquirido nuevos sentidos ni mejores potencias intelectuales, resulta que hoy, como en los tiempos de Aristóteles, se ve reducida á juzgar sobre lo percibido por los cinco sentidos ó á razonar sobre la razón misma. Evidente resulta asimismo

que los sentidos son tan inútiles para el razonamiento puro como indispensables para juzgar de los objetos situados fuera de la razón.

La Lógica es la única ciencia que se sustenta del razonamiento puro: la Medicina y todas las ciencias Físicas y Naturales han menester del ejercicio de los sentidos al servicio de la voluntad y de la inteligencia.

La aplicación de los sentidos al objeto del conocimiento, produce el llamado método empírico, que se descompone en dos: de observación y experimentación.

Observación. — Es la aplicación voluntaria de los sentidos al conocimiento de un fenómeno tal y como lo ofrece la Naturaleza.

El observador analiza atentamente los fenómenos de la Naturaleza, bien se ofrezcan espontáneamente á su contemplación, ora él los ponga de su parte para atenderlos. Por esta razón no puede aceptarse que sea siempre pasivo, ni es exacta la frase tan repetida de que «el observador escucha á la Naturaleza y el experimentador la interroga,» pues en uno y otro caso el investigador aplica su actividad al deseubrimiento de los fenómenos. Es tan innata en el hombre la curiosidad y tal su tendencia á darse cuenta de lo que ve, que nadie se detiene voluntariamente en la observación que al espectador corresponde, sino que aspira á conocer las relaciones entre los factores que intervienen en el fenómeno y se torna en experimentador. Sólo se abstiene de experimentar el que estudia hechos que no está en su mano perturbar, v. gr., los fenómenos astronómicos.

La observación ha sido, es y será un precioso método auxiliar de las ciencias médicas; mas no conviene exagerar su influencia tomando al pie de la letra el aforismo de Baglivio: «*Tota Medicina est in observatione.*»

La observación no puede ser método peculiar más que de la Astronomía, ciencia que, por tener su objeto fuera del alcance de la influencia humana, se limita á prever los fenómenos celestes. El médico tiene una acción más eficaz, pues no sólo le compete la previsión ó pronóstico, sino también la evitación de las enfermedades y la cura de los enfermos.

Reglas para una buena observación. — De antiguo

se vienen prescribiendo, y son tan claras y vulgares, que no necesitan comentarios; basta enunciarlas.

Dichas reglas atañen al observador, á los medios de observación y á la observación misma.

Las aplicables al observador son las siguientes: 1.^a, sentidos fieles y expeditos; 2.^a, atención ó voluntad de observar; 3.^a, ánimo tranquilo y desimpresionado; y 4.^a, instrucción acerca de los fenómenos que observa.

Las reglas que se refieren á los medios de observación pueden reducirse á una: que las condiciones exteriores, los instrumentos, reactivos, etc., sean adecuados, precisos y completos para el exacto conocimiento del objeto que se observa.

Una sola regla rige á la observación: que se repita por el mismo y por otros observadores, á fin de adquirir certidumbre de su exactitud.

Experimentación. — Es la reproducción de un fenómeno en condiciones determinadas por el experimentador, con el fin de conocer sus causas.

Las más veces el experimento se instituye para sustentar ó rechazar una hipótesis racional, inventada por el experimentador ó prestada por ingenio ajeno; pero otras, el experimento se realiza por puro tanteo y en espera de lo que resulte. Ejemplo de lo primero: el corazón de la rana, que puede seguir latiendo rítmicamente fuera del cuerpo, posee ganglios en el seno venoso y en las aurículas, y carece de ellos en la punta del ventrículo. Con estos hechos de observación, se le ocurre á un fisiólogo la siguiente hipótesis: ¿se deberán los latidos rítmicos de un corazón aislado á los ganglios nerviosos que posee? Experimento: de un corte de tijera, separa la punta del corazón que no tiene ganglios, del resto del órgano que los posee. Resultado afirmativo: la punta del ventrículo queda inmóvil y el corazón sigue latiendo.

Ejemplo de experimento por tanteo. Se ignoraba la función del cuerpo tiroides: Schiff lo extrajo á los perros, y notó que se morían á consecuencia de un estado caquético. Este experimento fué el punto de partida de la Fisiología de la glándula tiroides.

Por lo mismo que el experimentador es inducido las más veces por una hipótesis cuya legitimidad ó error va á demostrar, necesita poseer en alto grado ánimo sereno, imparcialidad rayana en abnegación y amor sin límites por la verdad. Á las ideas propias se las quiere como á los hijos, y se han menester singulares dotes de carácter para deshacer uno la obra de que es autor.

También requiere no escasa dosis de ingenio el experimentador, si no ha de ser perpetuamente esclavo de sugerencias ajenas. El que no tenga ocurrencias, no espere despuntar en el laboratorio; pero estas ocurrencias han de ser afortunadas y racionales. Muchos inventores no pasan jamás de proyectistas, y otros á la primera aciertan; y es que á éstos se les ocurren cosas racionales, hacederas y fecundas.

Por último, el experimentador necesita de habilidad manual y de talento para resolver de golpe y por inspiración cualquier dificultad imprevista. En este punto debo recordar una frase del ilustre Francklin: «no es experimentador el que no sea capaz de clavar clavos con la sierra y aserrar con el martillo.»

Paralelo entre la observación y la experimentación. — Los dos procedimientos se penetran y se completan á un punto, que en lenguaje corriente alternan casi como sinónimos. En rigor, la única diferencia que los separa es que, en el experimento, el actor es el que dispone de las condiciones del fenómeno con un fin determinado, en tanto que, en la observación, es mero espectador de los procedimientos naturales. Así, pues, siempre que se introduzca una perturbación cualquiera en uno ó varios de los factores que intervienen en un hecho, el resultado será un experimento.

Criterio experimental. — Se funda en el determinismo de los fenómenos y tiene como correctivo lo que Cl. Bernard llama duda filosófica.

El determinismo de los fenómenos quiere decir, traducido al lenguaje vulgar, que, en igualdad de circunstancias, las mismas causas producen iguales efectos.

La duda filosófica no es más que el reconocimiento de nuestras limitaciones sensoriales é intelectivas para apreciar y juzgar las condiciones en que se producen los fenómenos.

Los hechos, se dice, tienen una fuerza de evidencia tan grande, que contra ellos no valen razonamientos. Pero es el caso que los hechos en sí no se discuten, lo que se discute es su interpretación, tanto más cierta cuanto mejor se aprecien las condiciones de los fenómenos.

Frente á un fenómeno complejo y mal determinado, el investigador debe desconfiar de sus conclusiones por expuestas á error; pero debe confiar en la verdad y perseguirla hasta dar con ella. (Cl. Bernard.)

Los hechos contradictorios no existen ni pueden existir, pues es de sentido común que, cuando un agente produce en dos distintas ocasiones resultados diferentes, es porque las condiciones del fenómeno no han sido iguales. El toque está en justipreciar estas condiciones; porque de una parte, los sentidos nos exponen á multitud de errores por defecto de organización ó falta de acomodación; y de otra, la razón es limitada y no siempre falla con acierto sobre los datos que se someten á su juicio.

En Física y en Química, la experimentación es muy difícil; pero satisface los fines de estas ciencias, porque las condiciones de los fenómenos son exteriores, determinables y fácilmente previstas; y, además, poco importa á las investigaciones físico-químicas el desconocimiento de la total unidad del Universo, pues con la determinación de las leyes que rigen á los fenómenos particulares les basta. En cambio, los seres vivos son unidades funcionales, y ni el fisiólogo ni el médico pueden perder de vista al total individuo en sus investigaciones, porque éstas tienen por fin inmediato y urgente la evitación, alivio y cura de las enfermedades.

Añádase á este supremo interés la complicación que inducen en los fenómenos organizados su solidaridad, armonía y reciprocidad, y se comprenderán las inmensas dificultades que se impone el médico experimentador y el limitado fruto que puede esperar de la experimentación. Por estas razones, el método experimental que satisface á las ciencias físico-químicas no puede ser el exclusivo ó peculiar de la Medicina.

Reglas del determinismo. — El principio del determinismo se resuelve prácticamente en las tres reglas que se contienen en las siguientes máximas:

1.º *Posita causa, ponitur effectus*; dada la causa, se produce el efecto.

2.º *Sublata causa, tollitur effectus*; suprimida la causa, cesa el efecto.

3.º *Variante causa, variatur effectus*; si la causa varía, varía también el efecto.

Estas reglas parecen axiomáticas, y, sin embargo, necesitan un correctivo para expresar fielmente la verdad, pues literalmente traducidas inducen un error. En efecto, Letamendi, con ese fino talento de análisis que sobresale entre sus muchas y excepcionales aptitudes, hace notar que el agente no sólo obra por su naturaleza, sino por la energía extraña á su naturaleza de que va animado; y, en su virtud, el efecto que se sigue es doble: uno por el agente en lo que vale, y otro por la fuerza viva que le anima. El primer efecto aparece y desaparece con el agente; pero el segundo no, « porque toda energía causal que no está esencialmente identificada con el agente que la despliega, ha de representar *necesariamente* » un tanto de fuerza, adquirida ó substraída, que por ley de inercia tienda » aquel cuerpo á difundir ó recobrar; de suerte que, v. gr., el agua caliente » no está caliente porque es agua, sino porque ha adquirido de otro cuerpo » un exceso de calor que propende á difundir; ni está fría porque es agua, » sino porque otro cuerpo le ha robado una cantidad de calor que está » dispuesta á recobrar, y al darlo ó quitarlo á aquel otro cuerpo en quien » influye, inicia en éste un proceso que *irremisiblemente* se ha de cumplir en » todas sus fases, dentro del sujeto influido y según la naturaleza de éste, y » no del agente causal, tanto si está presente como si está ausente. Así, la » piedra que nos causa una contusión se cae tan descansada al suelo, por

» que habiendo depositado en nuestro cuerpo la fuerza de propulsión que » traía, vuelve á su centro de gravedad, y todo el proceso contusivo, por » leve ó grave, sencillo ó complicado que resulte, no es más que el equiva- » lente de aquella fuerza adquirida que la piedra nos comunicó y que luego » va buscando su difusión en el organismo, según las leyes y naturaleza de » éste y no según las de la piedra. En conclusión, el Dr. Letamendi corrige la sentencia *sublata causa, tollitur effectus*; diciendo: *sublata vi causæ, tollitur effectus* ¹.

Contraprueba. — Tiene por objeto la confirmación de un experimento por otro en el que se invierten las condiciones en lo que atañe al factor causal ó principal. Si la prueba de la función de un órgano se obtuvo destacándola de la de los demás mediante excitación, la contraprueba exige la supresión del dicho órgano para deducir su oficio de los síntomas que se siguen á la mutilación. Á la inversa; cuando la prueba consiste en la ablación de un órgano, la contraprueba se verifica excitándole en otro animal de la misma especie, ó, á ser posible, restituyéndole al propio mutilado. Ejemplo: la ablación de la glándula tiroides va seguida de una caquexia mortal; pero para demostrar que la muerte se debe única y exclusivamente á la pérdida de su función y no á la de sus relaciones vasculares y nerviosas en el cuello, se hace la contraprueba injertando todo ó parte del órgano suprimido en las paredes del vientre del mismo animal operado. Prende el injerto, los síntomas no aparecen ó son fugaces y el animal salva la vida. Entonces nos creemos con derecho á afirmar que la glándula tiroides cumple funciones indispensables en la economía.

Dada la falibilidad de nuestros juicios, nada más fácil que conceder relaciones de causa á afecto á dos fenómenos que son meramente consecutivos. Por esta razón, la contraprueba es necesaria para contrastar nuestros juicios; y si no fuera por ella, caeríamos á cada paso en el peligro que se contiene en la frase latina *post hoc ergo propter hoc*. No hay lógica

1 Letamendi: *Patología general*, tomo II, pág. 442.

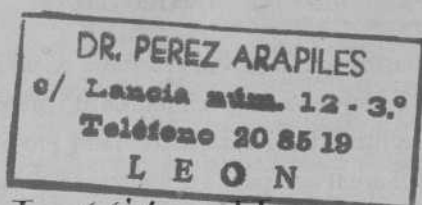
de fin: 1.º, factor principal; fenómeno los factores
vali para la contraprueba,
función del tiroides, porque suprimido
y restituido salva; pero aún podía objetarse que muchos
síntomas de la tiroidectomía se deben á las lesiones de los
y nervios fronteros á la glándula. Para apreciar esta obje-
se instituyé el siguiente experimento comparativo: en un
al se practica la operación como si se tratase de extraer el
les, pero no se extrae. Todos los síntomas que en este caso
se produzcan débense á las lesiones, y hay que restarlos del
cua ro de la tiroidectomía; mas como los operados no mueren,
resta la afirmada de nuevo la función vital del órgano de refe-
ren cia.

Reintegración de los hechos investigados. — Los hechos particulares que se recolecten por la observación y experimentación de los animales de una determinada especie, deben reintegrarse inmediatamente á la unidad del individuo; y cuando los fenómenos analizados sean fruto de la investigación en distintas especies con aplicación á una sola, la integración ha de ser precedida de un verdadero transporte de las funciones desde el organismo en el que se experimenta á aquél en cuyo provecho se hace la experimentación.

El individuo vivo, cualquiera que sea su categoría biológica, funciona como unidad según más adelante demostraré. Esta unidad no empee-

vi
nado
del prójimo
suelos, porque
que representa el org

Pero la mayor parte de
animales domésticos, y la diferen
cauciones al incorporar las conclusiones de
en ranas, conejos, perros y monos, á la Fisiología humana. Parti
mente, en lo que hace relación á las funciones del cerebro, toda p
ción es poca para no cometer groseros errores al transcribir á l
del
hombre muchos de los hechos que corresponden á los animales.



Lección II.

Preliminares (Experimentación).

Sumario: Experimentación en el hombre. — Límites que impone la moral. — Criterio que debe seguirse. — Auto-observación. — Su importancia en la Fisiología humana.

Experimentación en los animales. — Elección de los animales según los experimentos que hayan de practicarse. — Criterio moral para las vivisecciones. — Vivisecciones. — Método general para practicarlas: Lesión, excitación é intoxicación.

Experimentación en el hombre. — Al médico le interesa conocer el hombre que va á ser objeto de sus cuidados, y por esta razón nuestra asignatura se titula Fisiología especial humana. Pero añade el programa oficial los adjetivos «teórica y experimental,» y la experimentación tiene un campo muy limitado en el individuo humano. De desear sería que, tanto las observaciones como los experimentos que nutren la ciencia fisiológica que al hombre se refiere, tuviesen por sujeto el hombre mismo; pero aun prescindiendo de lo difícil que resultaría encontrar lo fundamental de los fenómenos en el sér más complejo de la creación, la observación directa de las funciones de los órganos internos y los experimentos cruentos son impracticables, porque los veda la moral.

Las lesiones orgánicas y los trastornos funcionales que ocasionan las enfermedades, los traumatismos que sufre el hombre por accidente, y las mismas operaciones que practica el cirujano con un fin terapéutico, resultan á la postre observaciones

y experimentos que han enriquecido notablemente á la Fisiología; pero semejantes experimentos no pueden ni deben reproducirse á voluntad, ni ésta interviene modificando las condiciones de los fenómenos para su mejor conocimiento.

En otros tiempos las ideas sobre la moral no eran tan claras, ó al menos no se practicaban con la exactitud que cumple á países cultos, y se autorizaron ciertos experimentos en el hombre vivo. Generalmente eran reos de muerte los que se concedían para los experimentos, y entre otros ejemplos se citan estos dos. El gran Duque de Toscana entregó á Fallopio un criminal para que experimentase en él; padecía el reo una fiebre cuartana, y quiso Fallopio experimentar los efectos del opio en esta enfermedad: Administróle dos fuertes dosis del citado medicamento, y sucumbió el sujeto á la segunda. Un arquero de Meudon condenado á muerte recibió la gracia de indulto por haberse practicado en él, con éxito, la nefrotomía ¹.

Además de los experimentos que sufre el hombre á causa de las enfermedades, ó con ocasión de la cura, en todo tiempo se ha experimentado en él, y es indudable que todos los recursos dietéticos, farmacológicos y quirúrgicos que poseemos han sido adquiridos mediante la observación y el experimento. El primer hombre que bebió vino, el primer indígena del Perú que se administró la coca ó la quina, el primer americano que fumó y el primer cirujano ² que practicó la traqueotomía, realizaron sendos experimentos.

Límites que impone la moral.—La moral cristiana veda la práctica de todo experimento que ponga en peligro la salud ó la vida del hombre por exclusivo interés científico: autoriza los experimentos cuando con ellos se persiga directamente la cura del propio sujeto que los padece y estén inspirados en un criterio racional. En su virtud, no pueden practicarse los cruentos

1 Citados por Cl. Bernard, *Médecine expérimentale*, París, 1865.

2 Pedro Virgili, según el Dr. L. Comenge, practicó en Cádiz la primera traqueotomía en un soldado de Cantabria que se ahogaba por unas anginas.—*Mémoires de l'Académie de Chirurgie*. París, 1733. (*Cita de Comenge*, «Pedro Virgili», Barcelona, 1893).

ó peligrosos en el hombre sano por intereses generales de la humanidad, ni tampoco puede hacérsele víctima de ninguna probatura no ajustada á los principios de razón, aunque sea por interés del propio sujeto. También deben proscribirse los experimentos racionales en el sujeto enfermo, y en bien de su salud, si de ellos puede resultar contaminación ó perjuicio grave de una tercera persona (Letamendi).

Por el contrario, son lícitos todos los experimentos que no ocasionen lesión ni perturbación en el hombre, como, por ejemplo, la obtención de trazados gráficos del pulso, de los movimientos cardíacos, de los respiratorios, las observaciones de temperatura, el análisis de los humores, las apreciaciones de la sensibilidad, la acción de los medicamentos á dosis inofensivas, etc., etc. En el último de los ejemplos citados, la moral aconseja que sea el médico el que experimente en sí mismo los efectos de los medicamentos á dosis terapéuticas ¹.

Criterio que debe seguirse.— El criterio nos lo da hecho nuestra santa doctrina en el hermoso principio que dice: «No quieras para el prójimo lo que no quieras para tí.» Con este criterio por norma, he aquí los casos en que la ciencia autoriza los experimentos:

1.º No debe practicarse un experimento hasta que esté sólidamente definido por otros realizados en animales. Un ejemplo de

1 En los aforismos de la Clínica de Letamendi, puede ver el lector los señalados con los números 65, 66 y 67 que se refieren á este tema. No puedo ceder á la tentación de copiar el ultimo. «Entre las ventajas de la experimentación pura, he aquí las principales: adquirir conocimiento sensible del remedio; dominar por ende su administración á tercera persona; comprender mejor las explicaciones que bajo la acción de él ha de dar el cliente; tener una clave de propia experiencia para sospechar ó descubrir cualquier supercheria; facilitar al médico mas sano alguna experiencia patológica artificial, que por fugaz en nada le perjudica, y por propia mucho le enseña; poder ser retirada oportunamente, para rectificar lo observado y, por último, constituir la parte principal y de aplicación más frecuente de la educación enciclopédica práctica del clínico.» (*Aportística*, pág. 22.)

esta clase nos lo ofrece la aplicación del suero de caballo inmunizado para la difteria, en la cura de la misma enfermedad en el hombre.

2.º No debe practicarse un experimento si no está sancionado por un hecho anterior. El descubrimiento de la vacuna por Jenner ofrece un precioso ejemplo de esta clase. Habíase observado que los aldeanos que ordeñaban las vacas afectos de pústulas se inoculaban en las manos, y luego que evolucionaban las dichas pústulas quedaban aquéllos inmunes para la viruela. Tal fué el fundamento empírico de la vacunación.

3.º Puede instituirse un experimento cuando se funda en una estrecha analogía. Ejemplo: las sales de quinina curan los accesos intermitentes de fiebre palúdica, y por analogía se aplica este remedio al tratamiento de las neuralgias y de las fiebres que ofrecen una marcada tendencia rítmica. El criterio de la analogía es uno de los más explotados en la Terapéutica.

Auto-observación. — Como indica el título, consiste en la observación que practica el médico en sí mismo. En la auto-observación se da el individuo como sujeto y objeto de conocimiento, y puede ejercitarse por los sentidos externos para todo aquello que se refiere á los fenómenos corporales, y por la conciencia ó sentido íntimo para lo que atañe á los fenómenos psíquicos. Los fenómenos corpóreos pueden estudiarse en el propio sujeto ó en otro, y es preferible esto último; pero las funciones psíquicas no las puede conocer bien más que el propio sujeto que las ejerce. Y es natural que así suceda. El que estudia los fenómenos de conciencia en un semejante, se ve reducido á juzgar de ellos por lo que diga, haga ó exprese el sujeto observado, y éste puede engañarse y engañarnos, mientras que el que los analiza en sí mismo, á favor de su propia conciencia, no puede engañarse acerca de la realidad de sus sensaciones, pensamientos y determinaciones.

Importancia de la auto-observación. — Este instrumento de la investigación es precioso é insustituible en el estudio de las funciones psíquicas y animales; pero su práctica inconsciente conduce á singularísimos errores, de que está plagada la Fisiología. Juzgamos de lo que debe padecer un animal cuando se le excitan ó se mutilan sus centros nerviosos, por su expresión ó movimientos, é interpretamos estos signos por lo que á nosotros mismos nos sucede en condiciones análogas. No tenemos, en efecto, otro criterio para juzgar de los fenómenos internos; pero á poco que se repare, se nota que no pueden aplicarse íntegramente los fenómenos psico-fisiológicos del hombre á un animal inferior mutilado. Porque una rana decapitada puede verificar acciones complejas, armónicas y *aparentemente* dotadas de finalidad, ¿hemos de conceder sensibilidad, memoria y voluntad á la médula? ¿Debemos conceder el carácter de trabajo liberal al que realizan las abejas para construir sus artísticos panales, ó el castor para fabricar sus cómodas viviendas? ¿Es posible admitir instinto en las acciones coordinadas que verifica el corazón de la rana cuando aislado del cuerpo acomoda la intensidad y ritmo de sus latidos á las influencias exteriores?

Apíquese en buen hora la auto-observación al estudio de los fenómenos de conciencia, pero con tal que sus conclusiones se reintegren al propio sujeto; y si se extienden á otros seres, téngase en cuenta la diferencia de jerarquía.

Experimentación en los animales. — Más de la mitad de los hechos que sustentan la moderna Fisiología los debemos á las vivisecciones; y en tal concepto, puedo excusar cuantas ponderaciones hiciera acerca de la importancia de la experimentación en los animales.

Pudiera objetarse que las enseñanzas que proporcionan las diversas especies zoológicas no son aplicables á la Fisiología humana; pero semejante argumento carece de valor, y en su con-

tra declaran las preciosas y fecundas conquistas que han salido de los labotarios. La experimentación es siempre útil, cualquiera que sea la clase de animal en que se practique, porque la Naturaleza ha trazado las funciones con un plan fijo y semejante para todas las especies. El ejemplo más elocuente de la variedad de fenómenos en la unidad de procedimientos, nos lo ofrece el Creador en los seres vivos.

Elección de los animales. — Aunque todos los animales, y hasta las plantas, son útiles para la experimentación fisiológica, no lo son en igual grado, y precisa elegir bien en relación á la clase de funciones que se investigue.

Con razón ha dicho Cl. Bernard que el éxito de un experimento depende las más veces de una elección afortunada del animal que lo ha de sufrir, y se me ocurre un ejemplo para hacer resaltar las ventajas de elegir bien. El riñón es un órgano que asume múltiples funciones y dos muy interesantes en relación á la secreción de la orina: por los glomérulos se filtra el agua de la sangre y las sustancias que lleva disueltas y en disposición de filtrarse; y por el epitelio de los *túbulis* se transborda la urea y otras materias excrementicias de la misma sangre. La filtración es principalmente un fenómeno mecánico que depende de la presión de la sangre, y el transbordo una función vital relativa á la actividad del epitelio; pero las dos funciones se encuentran confundidas en la mayor parte de los animales, haciéndose imposible toda separación para el análisis. Nausbaum tuvo la feliz ocurrencia de estudiar la secreción de la orina en la *salamandra maculosa*, aprovechando la singular disposición de los vasos renales en este animal; los glomérulos reciben sangre de las arterias renales los *túbulis* de una vena procedente del miembro inferior; de esta suerte, ligando alternativamente las arterias ó las venas, tenía el fisiólogo alemán aisladas á voluntad la función de los *túbulis* ó las de los glomérulos.

En general, sólo pueden dictarse reglas para la elección de los animales según el fin de la experimentación. Luego vienen elecciones para los casos concretos sobre los cuales no cabe legislar, sino dejarlos á la iniciativa de los experimentadores.

He aquí las reglas para la elección:

1.^a Para el análisis de los fenómenos convienen los animales superiores; porque cuanto más elevada es la categoría zoológica, más íntima es la unidad funcional y más dividido se encuentra el trabajo fisiológico.

2.^a Para la síntesis de los fenómenos interesan los animales inferiores, porque en ellos la unidad es más laxa y todas las funciones se encuentran confundidas y disfundidas por todo el individuo. La síntesis de las funciones no la realiza ningún animal mejor que un protozario, en cuyo cuerpo ni hay órganos ni separaciones funcionales, sino que todo él se nutre, crece, se impresiona, se mueve y se reproduce.

3.^a Para el estudio de fenómenos particulares deben elegirse disposiciones anatómicas especiales de los animales.

La aplicación de las tres reglas no ofrece dificultad alguna; y así, por ejemplo, cuando se trate de analizar las funciones del cerebro, las más complejas entre todas, deben procurarse monos ó carnívoros superiores; y si se ocurre estudiar la síntesis de las funciones del mismo órgano, hay que elegir animales como las aves y los anfibios, que pueden sobrevivir mucho tiempo á la amputación del cerebro. Valga de ejemplo de disposición anatómica especial la que ofrece el conejo para los nervios sensibles del corazón.

Criterio moral de la experimentación en los animales. — Los animales carecen de derechos en el recto sentido en que se toma el *jus latino*; por tanto, es lícito aprovecharlos en todas las necesidades humanas. Mas ya que nos prestan sus servicios, sus naturales encantos, sus humores y hasta sus carnes, por sentimiento, y por nuestra propia conveniencia, no es lícito destruirlos ni hacerles sufrir inútilmente. En este sentido, las vivisecciones deben limitarse á lo estrictamente necesario para la investigación científica y evitar á las víctimas todo tormento estéril. Por fortuna la anestesia ha resuelto el problema, y una vez insensibilizado un animal pueden ejecutarse en él las opera-

ciones más cruentas sin causarle dolor alguno. A fuer de sensibles conocemos por propia experiencia cuánto vale el dolor, y prodigarle inútilmente sería una crueldad, que ni autoriza la ciencia ni la merecen los pobres animales.

Vivisecciones. — Como no sean la piel y determinadas mucosas, todos los demás órganos exigen una operación previa para ponerlos al descubierto y actuar sobre ellos. Las operaciones que tienen por fin alumbrar los órganos, y á las que se verifican sobre ellos, reciben en conjunto el nombre de vivisecciones.

Las vivisecciones vienen prestando importantísimos servicios á la Medicina desde mucho tiempo antes que las disecciones en los cadáveres.

En la antigüedad, los cadáveres humanos eran escrupulosamente respetados, y los médicos se veían reducidos á experimentar y autopsiar en los animales. Casi toda la Anatomía de Galeno está inspirada en las disecciones en el cerdo y en el mono. Modernamente, la permisión de las autopsias en los cadáveres humanos ha ampliado el campo de la experimentación y han llevado á su constitución científica la Anatomía descriptiva, normal y patológica del hombre.

El ejercicio de las vivisecciones exige mayor destreza y un más perfecto conocimiento de la Anatomía que lo que pide la disección. En las operaciones en el vivo, la sangre que fluye, el palpitante de las carnes, los movimientos de la víctima y el temor de lesionar órganos que deben respetarse, hacen más difícil la maniobra. Además, en las disecciones sólo hay que atender á que la demostración resulte, mientras que en las operaciones precisa tener presente la curación de las heridas cuando, como por lo general ocurre, el experimento da sus frutos con la ulterior observación del animal. Á las veces, el alumbrar el órgano cuyas funciones se van á analizar cuesta muchísimo más trabajo y riesgo que el experimento en sí.

La previa anestesia que inmoviliza á los animales dejándoles insensibles, el método de la asepsia que aleja el peligro de las complicaciones,

aun en los traumatismos más atroces, y el uso de los excitantes eléctricos que permiten la aplicación instantánea y la dosificación de la energía empleada, han facilitado mucho las vivisecciones. Maravilla, en verdad, la destreza de los antiguos experimentadores, que operaban sin cloroformo y corrían después los peligros de que se infestasen las heridas.

Procedimientos generales de vivisección.—Para poner de manifiesto las funciones de un órgano y distinguirlas de las de los demás, sólo hay dos procedimientos generales: la destrucción y la excitación; pero la destrucción puede verificarse por procedimiento cruento ó por intoxicación. De aquí resultan tres métodos clásicos para las vivisecciones: lesión, excitación é intoxicación.

A. **LESIÓN.**—Se reduce á anular una función destruyendo el órgano que la produce. Una vez en presencia del órgano que se va á destruir, la destrucción puede verificarse: por arrancamiento, cuando el órgano es pequeño, v. gr., el ganglio cervical superior del conejo, que puede arrancarse con un bocado de las pinzas; por ligadura, cuando el órgano es pediculado; por malaxación, si es blando y deleznable de estructura, como el cerebro; por enucleación, con ó sin instrumento cortante; por cauterización, con los cáusticos químicos (potasa, ácido nítrico, cloruro de zinc, etc.), ó por el calor (thermo-cauterio, galvano-cauterio y hierros enrojados).

Otro procedimiento de destrucción de muy escasas aplicaciones, consiste en la ligadura de los vasos ó sección de los nervios para que el órgano degenera y muera.

B. **EXCITACIÓN.**—Este método, que consiste en exaltar las funciones de un órgano, puede ejercitarse directamente sobre los nervios, músculos y centros nerviosos, é indirectamente sobre las glándulas. Los excitantes pueden ser fisiológicos como la sangre, el oxígeno, el ácido carbónico y las sustancias nutritivas; físicos, como el calor, la luz y la electricidad; y químicos, como los ácidos, bases, sales, alcaloides y glucósidos.

C. INTOXICACIÓN. — Ciertos venenos tienen la propiedad de anular unos elementos anatómicos, dejando vigentes la estructura y las funciones de otros; así, por ejemplo, el curare anula las extremidades de los nervios motores sin herir los centros nerviosos ni los músculos; la atropina y el jaborandi tienen acciones inversas sobre los nervios glandulares, la estrienina aumenta el poder reflejo; la nicotina hiere desigualmente las células nerviosas y los conductores, etc. Todos los venenos citados pertenecen al grupo de los neuróticos, y es que en los sistemas nervioso y muscular se manifiestan de modo más claro las acciones tóxicas electivas.

Mediante los venenos podemos separar las funciones de unos elementos de las de sus congéneres, y vienen á ser las intoxicaciones en el vivo lo que las impregnaciones en los tejidos muertos.

Las acciones tóxicas no sólo constituyen un método por sí, sino que son auxiliares de los demás: pruébalo la aplicación de los anestésicos y del curare para suprimir respectivamente la sensibilidad y el movimiento de los animales que se someten á la vivisección.

Modernamente se ha introducido en la Fisiología un nuevo método para destruir un órgano á favor de la inoculación de microorganismos, tóxicos y destructores de los tejidos. Este método, que participa de la lesión y de la intoxicación, pues entrambas acciones ejercitan los microbios patógenos, ha sido aplicado por Charrin y Carnot en el páncreas y por Langlois en las cápsulas suprarrenales; los primeros inyectaron en el conducto de Wirsung un cultivo diluido de *bacillus pyocinacus*, y produjeron los síntomas de la diabetes pancreática; el último inyectó en las cápsulas cultivo del *streptococcus pyogenus aureus* con el fin de producir artificialmente la enfermedad de Addison ¹.

1 *Dictionnaire de Physiologie* de Richet, tomo 1, pág. 142.

Leccción III.

Preliminares (Práctica de las vivisecciones).

Sumario: Práctica de las vivisecciones. — Filiación y contención de los animales. — Aparatos de contención. — Empleo de los anestésicos. — Cloroformo. — Eter. — Cloral. — Morfina. — Empleo del curare. — Administración y dosis.

Conservación de los animales. — Curas y observaciones. — Autopsias.

Filiación y contención de los animales. — En todas la vivisecciones conviene, y es de rigor en aquellas que han de completarse con una observación ulterior, filiar los animales tomando nota de su raza, edad, sexo, peso y temperatura. Sólo teniendo á la vista los datos normales pueden luego hacerse notar con exactitud las diferencias.

Elegido el animal, lo primero que ocurre es apoderarse de él. La empresa es fácil cuando se trata de animales dóciles ó inofensivos; pero suele ser ardua si son fieros de suyo ó están encolezados ó hidrófobos. En estos casos, lo primero que ha menester el experimentador y sus ayudantes es sangre fría, para no exponerse temerariamente ni pecar por pusilánimes; luego hay recursos para apoderarse del animal y dominarlo sin peligro alguno. Uno de estos recursos es cogerle con un lazo corredizo y tirar de él hasta la sofocación: ya en tierra semiasfixiado, se le ata y amordaza. Otro proceder tan seguro como el anterior es armar dos fuertes bastones provistos de anillas en sus extremidades, con dos lazos corredizos: una vez enlazado por el cuello

en dos direcciones, el animal queda dominado. También pueden paralizarse los movimientos de la víctima arrojándole una flecha ó pinchándolo con un dardo envenenado con el curare.

Si se trata de gatos, animales que no son de fiar por dóciles que parezcan, se les puede coger por la piel del dorso, y de este modo queda libre el aprehensor de las garras y de los dientes. Las ratas son animales muy rabiosos y conviene afanjarlas con un gancho que se les clava en la piel del dorso. *y por medio de las garras pincas incurvados en su extremo ①*

Una vez que somos dueños del cuadrúpedo, se le sujeta sólidamente por los cuatro miembros y se le pone un bozal ó un bocado. Entonces es sazón para comenzar la operación; mas para ello precisa que la víctima se mueva lo menos posible. Á este fin se hace uso de los aparatos de contención, de los anestésicos y del curare.

Aparatos de contención. — Varían según los animales á los que se destinan. El aparato inventado por Czermac se aplica á los conejos. Consiste en un bocado en forma de ángulo ó mandíbula; una de las ramas de esta mandíbula se aplica sobre la frente, y la otra por debajo de la quijada; el bocado, una vez que se ajustan las ramas angulares, queda fijo detrás de los incisivos. El aparato de Czermac va articulado á un eje que permite toda clase de movimientos, y el dicho eje se fija á una mesa provista de agujeros, por los cuales se pasan las ligaduras que sujetan los miembros.

① de las coge por los lomos y cabeza

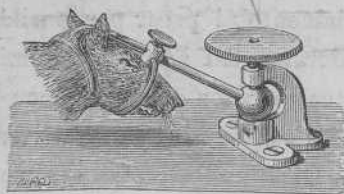
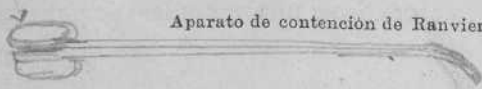


Figura 1.

Aparato de contención de Ranvier



Ranvier es autor de otro aparato de contención (figura 1.) aplicable á ratas cavia y otros animales semejantes. Consiste en una horca metálica, cuyos extremos están perforados para poder pasar una cuerda que sirve para amordazar los animales. La horca va fija á un eje horizontal, el cual se fija á su vez en un vástago vertical, sostenido por una mesita análoga á la del aparato de Czermac.

Para perros, carneros, cabras y otros mamíferos de gran tamaño, úsase de la canal inventada por Cl. Bernard, que va representada en la figura 2. Consiste en dos planos que se encuentran en ángulo y limitan una canal destinada á recibir el cuerpo del animal. Cada uno de los planos se compone de dos tableros articulados, que permiten al plegarse disminuir el fondo de la canal y van perforados por muchos agujeros para pasar las ligaduras de los miembros.

En uno de los extremos de la canal va montado un bocado, ó sea, una barra de hierro horizontal de 17 centímetros de larga, sostenida por dos ramas verticales, sobre las cuales puede moverse hacia arriba y abajo. Se hace penetrar el bocado en la boca del animal hasta detrás de los caninos, y luego, con una cuerda, se amordaza sólidamente. El cuadro formado por las dos ramas verticales, su soporte y el bocado, pueden girar hacia uno ú otro lado, prestando á la cabeza las inclinaciones que se deseen.

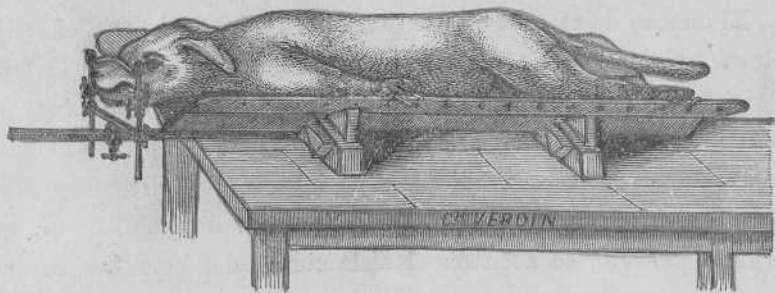


Figura 2.

Canal de Cl. Bernard.

Un buen método de contención de conejos para operaciones pequeñas, etc. es el siguiente. Se le coge con una mano por las patas traseras y se le posa por la de

Para las operaciones que tengan lugar en el interior de la boca, las fistulas salivares, v. gr., se emplea un bocado análogo al anterior, sólo que la barra horizontal es doble, para que fija una sobre la mandíbula superior y la otra sobre la quijada, al separarse mantengan abierta la boca. *Más como es el alre*

locas de condes
Con el bocado bien puesto y atados sólidamente los miembros, se evitan los movimientos violentos, pero no las sacudidas que ocasiona el dolor en los animales. Por esta razón los aparatos contentivos han sido relegados á segundo término, y sólo se aplican á las operaciones ligeras ó para sujetar los animales mientras se les anestesia.

Anestésicos. — Del griego α , privativo ν , eufónico y η , $\alpha\lambda\theta\eta\sigma\iota\varsigma$, el sentido, la sensación. Son fármacos cuya principal acción en el organismo consiste en suprimir la sensibilidad. Además gozan de propiedades hipnóticas ¹, quitan el dolor, impiden los movimientos reflejos y, en último término, paralizan los centros respiratorios y cardíacos y producen la muerte.

Todos los medicamentos que pertenecen á este grupo comienzan por excitar las funciones cerebrales y sensitivas, y luego van anulando sucesivamente el cerebro, la médula espinal y el bulbo; la muerte es la consecuencia de la parálisis bulbar. Parece que los anestésicos impiden los cambios nutritivos de las células nerviosas é imposibilitan su función. ⁽¹⁾

El cuadro de efectos que se observan en los animales sometidos á la acción de los anestésicos se parece mucho al de la embriaguez. El borracho empieza por excitarse, su semblante se anima, la respiración y el corazón se aceleran, vuélvese locuaz, repara poco en las conveniencias sociales y olvida los disgustos que otras veces le costara el ser lenguaraz: después, en un segundo período, se acentúa el aislamiento del borracho con el

*Tras del cuerpo y cabeza
otra se le doye por
con orejas*
¹ Del griego $\Upsilon\pi\eta\sigma$, el sueño.

mundo exterior, mediante turbarse y entorpecerse sus sentidos se alteran las relaciones normales entre los actos psíquicos, los movimientos se tornan desordenados, la palabra balbuciente, la marcha vacilante y, con todo ello, un verdadero delirio. En el tercer período queda el beodo como un tronco, sin sensibilidad ni acción refleja, la voluntad tampoco rige, la temperatura baja, la respiración es lenta y, en fin, si el alcohol sigue obrando, á este estado de muerte aparente sigue la muerte efectiva.

Precisamente los mismos períodos de la borrachera ofrecen los anestésicos. Un primer período de *excitación*, en el que se exaltan las funciones cerebrales y reflejas; segundo, de *narcosis*¹, en el que se interrumpen las relaciones sensoriales; tercero, de *parálisis refleja*; y cuarto, de *muerte*. Para las vivisecciones conviene el tercero, pues los animales quedan aletargados, insensibles á las impresiones ordinarias y al dolor, carecen de voluntad para moverse, y de los movimientos reflejos sólo conservan los que son esenciales á la vida: los circulatorios y respiratorios. Además de los síntomas enunciados, tres caracteres señalan este período: dilatación de la pupila, lentitud de pulso y cesación de los reflejos en la córnea y en la mucosa nasal. Puede tocarse el globo del ojo sin que el animal cierre los párpados.

Entre los medicamentos anestésicos, se usan en el laboratorio el cloroformo, éter, hidrato de cloral y croton-cloral.

CHCl₃

Cloroformo. — Es un líquido incoloro, más denso que el agua, en la que apenas se disuelve, de olor agradable á manzanas, de sabor dulce y picante y de reacción neutra. Un buen cloroformo no debe enturbiar el agua cuando se mezcla con ella, ni dejar residuo cuando se evapora, ni dar color negruzco si se le trata con la potasa y el ácido sulfúrico.

1 *Ναρκωσις*, entorpecimiento, embotamiento. Puede definirse «la acción de entorpecerse nuestras relaciones con el mundo exterior.»

Vease Técnica Quirúrgica
cloroformo
 81 7
 84 1
Kean
IV F20
1033

Se administra el cloroformo en inhalaciones. Á los perros se les inhala mediante un bozal (figura 3) que termina en un tubo cilindro-cónico. El cono truncado termina en un enrejado para que pase el aire, y dentro del tubo se coloca una pequeña esponja empapada en cloroformo.

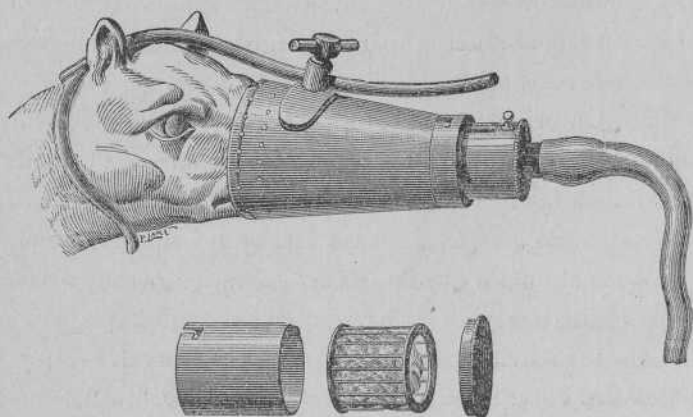


Figura 3.

Bozal para anestesia modelo Verdin. Las piezas destinadas á la anestesia van en la parte inferior de la figura. Tal como aparece aplicado el bozal, sirve para la respiración artificial sin necesidad de traqueotomía.

Á los conejos, gatos y demás animales pequeños, se les coloca en una campana ó caja con paredes de vidrio y en comunicación con el exterior. Dentro de la caja se dispone una esponja empapada en cloroformo. Las ratas pueden anestesiar se rodeando la ratonera con un pedazo de franela empapado en cloroformo.

Cuando la inhalación se hace directamente, se va administrando el cloroformo con observación del pulso y de la respiración; pero cuando el animal está encerrado en una caja ó en su jaula, la señal de estar cloroformizado es verlo caer sin movimiento; entonces es preciso suspender en el acto la inhalación, para evitar la muerte.

En punto á la resistencia al cloroformo, pueden clasificarse los animales en tres grupos:

1.º Muy susceptibles al cloroformo: las ranas, aves, ratas y conejos. Conviene en estas especies usar de otro anestésico.

2.º Medianamente susceptibles: los gatos.

3.º Resistentes al cloroformo: los perros, los monos y el hombre.

La anestesia clorofórmica, aun en los animales que la toleran fácilmente, ofrece peligro de muerte, y ésta puede sobrevenir en cualquier periodo por alguno de los procedimientos siguientes:

A. POR SOROCACIÓN. — En los periodos de excitación y de narcosis los animales vomitan, y las materias vomitadas penetran por el tubo respiratorio — que por insensible no las rechaza — y producen la asfixia mecánica. Para prevenir este accidente, es de rigor que los animales estén en ayunas, y cuando ocurra hay que ponerlos cabeza abajo, tirar de la lengua y con una pinza larga desembarazar la laringe de restos alimenticios. También puede practicarse rápidamente la traqueotomía.

B. POR SUSPENSIÓN DE LA RESPIRACIÓN. — Ocurre este accidente cuando se dan dosis altas de cloroformo en un corto espacio, pues entonces los periodos se suceden con rapidez y alcanza pronto la parálisis al bulbo, en donde se encuentran los centros respiratorios. En presencia de este accidente, debe practicarse inmediatamente la respiración artificial, ó sea la sustitución de los movimientos respiratorios naturales por otros que se practican por dos ayudantes: uno prende la lengua del animal con una pinza y verifica tracciones rítmicas, y el otro levanta y deprime alternativamente los miembros torácicos á compás de las tracciones de la lengua. Todo ello tiene por objeto imitar los movimientos de inspiración y expiración, y se facilita el resultado pendiendo al animal por los pies para que la sangre afluya al bulbo, excitándole la piel con el amasamiento, excitando el dia-

fragma por el mismo procedimiento y electrizando los nervios frénicos. —

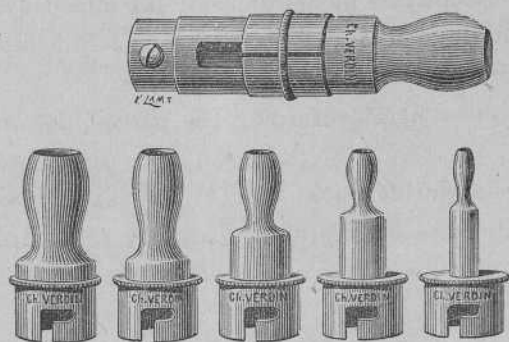


Figura 4.

Serie de cánulas para la respiración artificial en los animales.

C. POR SUSPENSIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DEL CORAZÓN. — También ocurre este accidente cuando se administra de pronto dosis excesivas de cloroformo, y puede explicarse lo mismo que la suspensión respiratoria por parálisis del bulbo, pues este centro nervioso rige al corazón. Muchas veces el síncope mortal tiene efecto en el primer periodo, y entonces se explica, ora por una acción inhibitoria refleja que toma origen en la excitación directa de los nervios laríngeos por los vapores clorofórmicos; ora por otro fenómeno suspensivo, de que más adelante me ocuparé con el nombre de *shock*¹.

Los dos accidentes últimamente mencionados pueden evitarse administrando el cloroformo con cautela; pero á dosis suficiente, porque según Brunton, el *shock* se debe á una narcosis incompleta. Dícese que también se evita la parálisis cardíaca administrando las inhalaciones por la tráquea — previa traqueotomía — pues de esta suerte no hay lugar á la irritación de los nervios

1 Véase *Funciones del nervio depresor*.

laríngeos. No tengo experiencia de este proceder; pero si la tengo de las parálisis cardíacas, y las juzgo accidente gravísimo y casi siempre mortal: con todo, deben ejercitarse, para volver al operado, los mismos remedios que dejo indicados en el tratamiento de la suspensión respiratoria. *y accidentes cardíacos*

Éter. — El sulfúrico, que es el que se usa en el laboratorio, es un líquido incoloro, volátil, combustible, de olor agradable, de sabor *quemante* y fresco, y menos denso que el agua. El buen éter debe marcar 60° en el pesa-éteres y no debe contener agua, alcohol ni ácidos.

El éter se administra en inhalaciones de igual manera que el cloroformo; pero es peligroso de noche, operando á luz de llama, porque puede inflamarse.

En general, el éter tiene idéntica acción al cloroformo, aunque menos enérgica. Por eso, aunque se tarde más en llegar al período paralítico, es preferible emplear el éter en los animales pequeños y muy susceptibles al cloroformo. En los perros uso constantemente esto último.

Cloral y croton-cloral. — Se emplean indistintamente, porque tienen acción análoga; sin embargo, dicese del croton-cloral que no produce la excitación de su congénere.

Uno y otro se administran en disolución en el agua y la glicerina respectivamente, por inyecciones subcutáneas ó intravenosas. La excitación que producen es muy ligera, y el animal queda anestesiado, como si se le hubiera dado cloroformo, por espacio de una ó dos horas.

En el laboratorio uso hace años el hidrato de cloral, en inyecciones subcutáneas, para anestesiar conejos. La dosis inyectada varia según la corpulencia del animal: si es pequeño, basta con 0gr.,25, y si es mayor de 0gr.,60 á 0gr.,75. En los perros debe inyectarse un gramo de cloral por cada ocho kilogramos de peso del cuerpo.

Para hacer las inyecciones intravenosas se descubre la vena crural ó la yugular externa: la primera es preferible para evitar el funesto accidente que se seguiría á la entrada del aire en la segunda. Á la vista el vaso, se inyecta el líquido con una jeringa de Pravaz. El agua en que se disuelve el medicamento debe estar hervida, para evitar infecciones, y la disolución filtrada, para no introducir cuerpos extraños en el torrente circulatorio.

Morfina. — Es un alcaloide del opio y no se usa en substancia, sino sus sales, y, entre éstas, el clorhidrato y el acetato. Las sales de morfina producen en el organismo efectos hipnóticos, narcóticos y anestésicos; pero el sueño es intranquilo, la anestesia sólo es completa á dosis relativamente altas, y los movimientos reflejos no se suspenden como con el cloroformo. Por estas razones la morfina tiene poco uso. Yo sólo la empleo como coadyuvante del cloroformo en las operaciones de larga duración, porque los efectos no se suman simplemente, sino más bien parece que se multiplican. La anestesia se prolonga por mucho tiempo y es más completa.

Las sales de morfina se administran — en inyecciones subcutáneas — á la dosis de uno á cinco centigramos, según la talla, á los perros que se van á anestesiar con el cloroformo.

También se asocia á la morfina el sulfato de ésparteína, cuando se quiere prolongar por mucho tiempo la anestesia.

Curare. — Es un veneno que paraliza las extremidades de los nervios motores, dejando integros la médula, el encéfalo y los nervios sensitivos. El animal curarizado siente las heridas, pero es incapaz de todo movimiento voluntario ó reflejo.

Uno de los títulos de gloria de Cl. Bernard fué haber demostrado con la mayor evidencia la acción fisiológica del curare. He aquí su memorable experimento: ligó de raíz un miembro abdominal de una rana, sin dejarle otra comunicación con el cuerpo que el nervio crural; después la inyectó curare en el saco dorsal, para que fuese llevado por la circulación á todas

las partes del cuerpo, menos al anca ligada. La excitación de cualquier parte del cuerpo del animal en estas condiciones, produce reacción motora en el anca ligada, porque no llegó el veneno á las extremidades de sus nervios motores, y es nula en los demás miembros que están paralizados por el curare. En cambio, la transmisión sensitiva y los centros reflejos (médula y cerebro) están íntegros.

El curare es un veneno que preparan los salvajes de la América del Sur para envenenar sus flechas. Probablemente es un extracto vegetal; pero su composición es tan desconocida como variable, pues los salvajes lo componen mezclando á los principios activos multitud de cuerpos que no hacen al caso, como dientes de animales, amuletos, etc., etc. En el comercio se presenta en pequeñas pastas de un color rojo obscuro, y sus disoluciones acuosas son muy activas. Como es un producto de composición inconstante, hay que averiguar experimentalmente en cada remesa su valor tóxico.

El curare se absorbe con mucha lentitud por el tubo digestivo; con tanta, que aunque se elimina torpemente, se equilibran la absorción y la excreción sin dar lugar á los accidentes tóxicos.

Cuando se administra por la vía hipodérmica, sus efectos paralíticos son rápidos y seguros. Se inicia la parálisis por los miembros posteriores, y luego se extiende sucesivamente á los miembros torácicos, á la laringe, á los músculos de la cara y á los respiratorios. Cuando la respiración ha cesado, todavía late el corazón; éste es, pues, el último músculo que sucumbe.

Si la dosis administrada es pequeña, pueden paralizarse los músculos de los miembros y de la cara, y conservarse activos los respiratorios; pero si la dosis es más elevada, precisa sostener artificialmente la respiración, para evitar la muerte. Al cabo, el veneno se elimina, y los músculos recobran su movimiento en orden inverso á como lo perdieron. Para obtener el primer grado de intoxicación recomienda Cl. Bernard dos miligramos de curare por cada kilogramo de peso del cuerpo.

El curare tiene sus indicaciones especiales, cuando nos convenga descartar del experimento el elemento nervioso-motor. Por lo demás, como no evita el sufrimiento de los animales, sólo en caso de necesidad debe preferirse á los anestésicos.

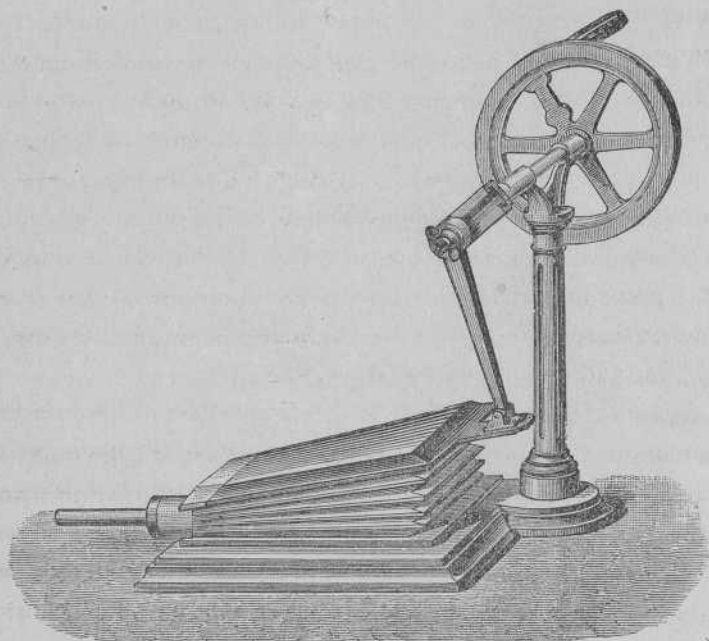


Figura 5.

Fuelle para mantener la respiración artificial. El soplete del fuelle se une por un tubo de goma á la cánula adaptada á la tráquea ó al bozal de la figura 3.

Conservación de los animales operados.—Si cuidados ha menester una persona herida, tantos ó mayores los necesita un animal operado; porque de una parte, carece de razón para coadyuvar al tratamiento; y de otra, las condiciones higiénicas que le rodean, por buenas que sean, no son comparables á las que los racionales poseen.

Los mamíferos viven en cuadras, perreras ó jaulas, dañados

de sus propios excrementos, se revuelcan por el suelo, arráncanse los vendajes, lámense é inféstanse las heridas con su saliva, comen cuando tienen gana, y no lo que les conviene, sino lo que apetecen. En estas condiciones, se comprenderá lo difícil que es alejar las complicaciones de las heridas, y cuantos cuidados se requieren para salvar á un operado. Para luchar con las malas circunstancias, hay que operar en condiciones asépticas, suturar exactamente las heridas y repetir mucho las curas. Como auxiliares, contamos con el instinto de los animales y con su natural robustez, muy rebajada esta última en los animales domésticos, pero vigorosa en los que se encuentran en estado de libertad.

Todavía son menores los alcances del tratamiento en los anfibios y peces que han de vivir en el agua; pero afortunadamente la menor temperatura de estos animales hace que en ellos sea muy limitado el daño de las infecciones.

Los animales no hablan, y sus medios de expresión son tanto más menguados cuanto menor es su categoría zoológica; de aquí se deduce lo prolija y cuidadosa que debe ser la observación, pues es preciso que el investigador, en fuerza de ingenio, ponga de manifiesto los síntomas que padecen, para obtener de ellos la interpretación del experimento. Algunos alumnos míos, de los pasados cursos, recordarán la serie de maniobras que me costó averiguar la hemiopía de un perro y la sordera unilateral de otro.

Autopsias. — Constituye en muchos casos la contraprueba del experimento, y siempre es interesante, pues en cada disección se aumenta el caudal de conocimientos anatómicos.

La autopsia debe practicarse, á ser posible, inmediatamente después de la muerte, antes de que los tejidos sufran alteraciones cadavéricas. El alumno, sobre los conocimientos que gana en las autopsias, se provee, cuando son inmediatas, de multitud de materiales para experimentar por su cuenta; por ejemplo, la mu-

cosa del estómago ó el páncreas para hacer digestiones artificiales, bilis fresca para un análisis, la vejiga para hacer experimentos de ósmosis, etc., etc.

La autopsia ha de hacerse con escrupulosidad en todos los órganos principales (encéfalo, médula, corazón, hígado y pulmones), y con mayor aún en las partes á que se refiere el experimento.

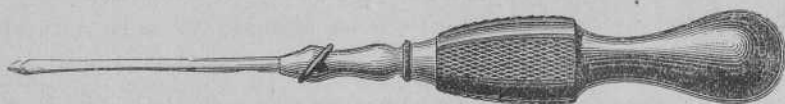


Figura 6.

Punzón para herir el bulbo.

Ocorre muchas veces, que urge averiguar la correspondencia entre los sintomas, y las lesiones anatómicas, ó que la operación practicada es incompatible con el ulterior restablecimiento del animal. En estos casos, se decide el sacrificio de la victima; y para llevarlo á cabo sin hacerla padecer, se aconsejan, ó la intoxicación con el cloroformo, ó la lesión del bulbo. Esta última se conoce vulgarmente con el nombre de puntilla, y se practica haciendo bajar la cabeza al animal y hundiéndole un punzón de acero en la médula oblongada, á través de la membrana occipito-atloidea (figura 6).

El punto por donde debe penetrar el instrumento se busca por el tacto y está situado, en el perro, á dos centímetros por detrás de la protuberancia occipital externa. Tan pronto como se hiere el bulbo, el animal cae muerto como si le hubiera herido un rayo.

Lección IV.

Preliminares (Análisis físico-química.)

Sumario: Procedimiento de análisis física.—Inspección por el microscopio.—Análisis espectral.—Separación mecánica por filtración, por movimiento centrifugo, por cristalización y por ósmosis. — Densimetría. Procedimientos de análisis química. — Análisis gravimétrico. — Análisis volumétrico. — Reactivo de prueba. — Idem indicador. — Alcalimetría y acidimetría.

Procedimientos de análisis física. — No sólo los conocimientos de la Física, sino también sus métodos y procedimientos, son auxiliares indispensables para el estudio de la Fisiología. Con arreglo á nuestro plan vigente, los alumnos han estudiado la Física por dos veces — en el Instituto y en el año preparatorio — y deben conocer la teoría y ejercicio de los procedimientos que voy á mencionar; pero aun cuando así no fuera, el carácter de este libro me veda entrar en detalles que encontrará el lector en cualquiera de los de aquella ciencia.

Inspección por el microscopio. — En el laboratorio se hace uso muy frecuente del microscopio, y he aquí algunos de los casos en que tiene aplicación: inspección de los glóbulos de la sangre, numeración de los mismos, apreciación de las redes de fibrina, de los cristales de hemoglobina y sus derivados, de los cristales salinos de las secreciones, circulación de la sangre por los capilares, análisis de la leche y de la saliva, inspección de los microorganismos de la digestión normal, etc., etc.

Análisis espectral.—La luz blanca se descompone en siete colores, que representan otras tantas vibraciones simples, con diversas velocidades. El menos veloz y menos refrangible de los colores es el rojo, y el que goza en más alto grado de entrambas cualidades es el violeta. Á la proyección sobre un plano de los siete colores, siempre en el mismo orden, se le llama espectro.

El espectro solar, ó sea el obtenido por descomposición de la luz blanca del sol á través de un prisma, se ve cruzado por líneas de sombras en dirección vertical, que ocupan siempre la misma posición. Estas líneas, llamadas de Fraunhofer, se designan con las primeras letras mayúsculas y minúsculas del alfabeto. A, B y C, corresponden al rojo; D, está en el amarillo; E y F, en el verde; G, en el indigo; y H, en el violeta. Acerca del origen de estas líneas oscuras hay una hipótesis que se sustenta en los siguientes experimentos: si se examina en el espectroscopio la luz que procede de la combustión del sodio, ó de cualquiera de sus sales, se notan dos rayas brillantes de luz, separadas por un cortísimo intervalo, en el amarillo, sobre la D de Fraunhofer. Si en lugar de sodio se quema potasio, obsérvanse dos líneas brillantes en el rojo y otra sobre el violeta. Pero si en vez de analizar la luz que produce la combustión de estos cuerpos se recibe en el espectroscopio la que produce una lámpara, y se la hace pasar por los vapores de sodio ó de potasio,—ó de sus sales,—nótase que en el preciso lugar que ocupaban las rayas brillantes se ven otras oscuras; de donde se deduce, en general, que el espectro de *absorción*—por rayas de sombras—que produce un cuerpo al ser atravesado por la luz, es idéntico al de *combustión*—por rayas brillantes—del mismo.

Estos experimentos hacen pensar que las rayas oscuras de Fraunhofer se deben á los espectros de absorción de los cuerpos que se encuentran reducidos á vapor en la atmósfera solar.

En el organismo abundan sustancias colorantes que gozan de espectro característico: entre ellas merecen citarse la hemoglo-

bina y sus derivados, las materias colorantes de la bilis, los pigmentos de la orina, los del suero, etc.

Separación mecánica. — No podrían verificarse nuestros análisis si no tuviéramos medios de separar unas partes de otras. Tal separación puede lograrse por procedimientos mecánicos, cuando no se trata de separar cuerpos que se encuentran combinados, sino simplemente mezclados, y por vía química, si hay lugar á una verdadera descomposición. Los dos procedimientos se completan, y son de uso muy frecuente en el laboratorio.

La separación mecánica puede obtenerse por filtración, por movimiento centrífugo, por cristalización y por ósmosis.

A. FILTRACIÓN. — Consiste en separar las moléculas sólidas que llevan los líquidos en mezcla ó en suspensión. Al efecto, se hace pasar el líquido á través de un lienzo muy tupido, ó de la porcelana, ó lo que es más frecuente, por un papel sin cola llamado de filtro. El agua, el alcohol, el éter y las sustancias disueltas — á excepción de las coloides — pasan sin dificultad por los poros del filtro y quedan detenidas en él las partículas insolubles.

El fenómeno de la filtración depende de la naturaleza del líquido y del filtro, y en igualdad de condiciones se acelera con la presión y la temperatura. Las sustancias coloides, como la goma, la albúmina, etc., filtran muy mal, y las cristaloides (sales) y el alcohol lo hacen muy bien.

Cuando se desea que filtre un líquido espeso que de ordinario lo verifica con dificultad, ó acelerar la filtración de un líquido fácil, se auxilia la operación con el calor ó la presión.

Para filtrar, favorecidos por el calor, úsase de un embudo metálico de doble fondo, cuya cavidad se llena de agua caliente; el mismo embudo va provisto de un mechero de gas para calentarla. Dentro de este embudo metálico se introduce otro de cristal, y luego se coloca el papel de filtro.

Para ayudarse de la presión se siguen dos procedimientos: ó aumentarla por el lado del líquido que filtra, ó restar de la atmosférica por el lado en donde se recibe el producto de la filtración.

En el primer caso el peso del líquido sirve de presión, y será tanto mayor cuanto más alta sea la altura de su nivel, y en el segundo actúa como motor la presión de la atmósfera; al efecto, se toma un frasco, cerrado por un tapón de cautehuc con dos agujeros, por el uno se hace pasar el tubo del embudo, perfectamente ajustado, y por el otro un tubo acodado de cristal, por donde se extrae el aire del frasco. La aspiración puede hacerse con una máquina pneumática, ó lo que es más fácil, á favor de una tromba, aparato que sirve tanto para aspirar como para inyectar el aire y que funciona automáticamente con una corriente de agua. No hay para qué advertir que el papel de filtro debe estar perfectamente adaptado al embudo, para que no penetre el aire.

Antes de filtrar una disolución hay que mojar el papel con el líquido disolvente (agua, alcohol ó éter), porque si se olvida esta precaución salen turbias las primeras porciones filtradas. Después, al verter la disolución en el embudo, hay que evitar que el papel se rompa; al efecto, se vierte el líquido sobre una varilla de cristal para que se deslice dulcemente sobre las paredes del embudo.

Las disoluciones de sustancias coloides, como la albúmina, filtran mal; pero todavía lo hacen peor cuando se emplea mucho líquido de una vez y un sólo papel de filtro, porque los poros de éste se obstruyen y se detiene la filtración. Lo mejor, para filtrar soluciones de coloides, es repartir el líquido en muchos embudos pequeños y renovar los papeles en cuanto la filtración disminuya.

El buen papel de filtro no debe dejar cenizas después de su combustión.

B. MOVIMIENTO CENTRÍFUGO. — Á virtud de la fuerza centrífuga, que no es más que una manifestación de la inercia, cuando se somete á un movimiento rápido de rotación un líquido que

contiene partículas sólidas de diversa densidad, las dichas partículas, se acumulan en el extremo más distante al centro de rotación, ó, de otro modo, describen en sus giros un círculo de mayor radio que el líquido. Por este procedimiento pueden separarse los glóbulos de la sangre, y luego que se han acumulado en el fondo del vaso puede decantarse el suero, tomándolo con una pipeta ó con una cucharilla.

Runne de Basel es autor de una máquina centrífuga que puede ser movida por el agua y es capaz de dar hasta mil vueltas por minuto. Consiste en un disco horizontal, en el cual van encajados seis vasos horizontales, los cuales, cuando el disco está parado, penden de él en dirección vertical; mas cuando gira, se colocan en la dirección horizontal. Dentro de los tubos metálicos se introducen otros de cristal en donde se contienen los líquidos que se van á someter al movimiento centrífugo.

C. CRISTALIZACIÓN. — Muchas veces se acude para el reconocimiento, y aun para la dosificación de una substancia cristaloides, á la inspección y peso de sus cristales. Como ejemplos puedo ofrecer el examen de los cristales de hemoglobina en el análisis de la sangre, y la dosificación de la urea de la orina, convirtiéndola en nitrato y dejándola cristalizar.

D. ÓSMOSIS. — Cuando se mezclan con cuidado dos líquidos de diferentes densidades que tienen avidez el uno por el otro, v. gr., agua y vino ó agua y jarabe, los dos líquidos se superponen por orden de sus densidades; pero pronto comienza un cambio de moléculas en doble corriente de uno á otro, y la mezcla concluye por ser homogénea. Si los líquidos no tienen avidez recíproca, como el agua y el aceite ó el mercurio y el agua, continúan superpuestos indefinidamente sin mezclarse jamás. Al fenómeno de la mezcla se le llama difusión y es antecedente de la ósmosis.

Los gases, por oposición á los líquidos, disfunden siempre entre sí, cualquiera que sea su naturaleza, porque la difusión gaseosa, lejos de verificarse por atracción, como la líquida, se verifica por la tendencia que tienen

los gases á ocupar todo el espacio que se les ofrece, lo mismo si está vacío como si lo ocupa otro gas.

Cuando dos líquidos que disfunden se encuentran separados por una membrana porosa que se moja por uno de ellos ó por los dos, se establece también una doble corriente que va del uno al otro y recíprocamente. Si los dos líquidos atravesaran la membrana en igual cantidad y en el mismo tiempo, el nivel no se altera en ninguno de los dos vasos que lo contienen; pero lo ordinario es que uno de ellos pase en mayor cantidad que el otro. Para el caso lo mismo da que el cambio se verifique entre dos líquidos simples, v. gr., agua y alcohol, como entre una solución acuosa y el agua, como entre dos soluciones; siempre el fenómeno recibe el nombre de ósmosis ó endósmosis, y puede definirse: «la difusión de líquidos á través de una membrana porosa.»

Jolly ha definido con el nombre de equivalente endosmótico de una substancia con relación á una membrana determinada, el peso de agua que atraviesa esta membrana, en tanto pasa en sentido inverso un gramo de dicha substancia. Puede ser el equivalente *positivo* ó *negativo*, según que el peso de agua sea mayor ó menor que el de la substancia propuesta; así, por ejemplo, el ácido sulfúrico tiene un equivalente negativo porque á cada gramo de ácido que atraviesa la membrana corresponde 0gr.,349 de agua que pasa en sentido opuesto, y el sulfato de potasa lo tiene positivo, puesto que al gramo de sal corresponden 12,277 de agua. Eckhard ha demostrado que el equivalente endosmótico de un cuerpo disuelto varía con la concentración del soluto.

He aquí los equivalentes de algunos cuerpos:

Cloruro de sodio.....	4	Potasa cáustica.....	200,3
Sulfato de magnesia...	11,5	Alcohol.....	4,3
Sulfato de sosa.....	11	Azúcar.....	7,2
Sulfato de cobre.....	9,5	Goma arábica	12,27

Desde el punto de vista de su difusibilidad á través de las

membranas, Tomás Graham ha clasificado las sustancias en dos grupos: 1.º, cristaloides, llamadas así porque cristalizan y son muy osmóticas; y 2.º, coloides, que son amorfas, se empapan en el agua, se disuelven imperfectamente en ella y no disfunden. Sólo conozco dos excepciones á esta regla, y por cierto que corresponden á dos sustancias muy interesantes del grupo proteico: la hemoglobina del glóbulo rojo, que cristaliza y no disfunde, y la peptona, que siendo coloide es osmótica.

Por ósmosis pueden separarse de una disolución las sustancias cristaloides de las coloides: y las primeras atraviesan la membrana; las segundas no. Es más: las coloides que disfunden mal, cuando están solas, no disfunden ni poco ni mucho si están disueltas juntamente con las cristaloides; por eso la separación por ósmosis puede ser completa. Al procedimiento se llama *diálisis*.

Para separar, v. gr., la albúmina de huevo de las sales que contiene, se la disuelve en el agua y se la somete á la diálisis; pero como la operación es lenta, hay que mudar varias veces el agua del baño y añadir un poco de timol á la disolución de albúmina, para que no se corrompa. Tan pronto como la albúmina ha perdido todas sus sales, se precipita y puede recogerse por filtración.

Un dialisador se improvisa pronto. Tómese un embudo ó un tubo cónico que tenga reborde por la parte ensanchada: córtese un pedazo de papel pergamino de mayor diámetro que el pabellón, y átese fijándole al reborde. Luego introdúzcase en el embudo la disolución que se va á dialisar, y sumérjase aquél en un baño que contenga un volumen de agua destilada cinco veces mayor que el de la disolución: la parte sumergida del embudo no debe exceder de un centímetro. Para acelerar la diálisis, conviene que el dialisador tenga ancha superficie y que el agua del baño se renueve con frecuencia.

Antes de usar el dialisador, es preciso mojar y lavar el papel pergamino en agua destilada y no usarle hasta quedar convencido que no tiene agujeros. La prueba se hace echando dentro del dialisador una poca de agua destilada y colocándole de plano sobre un pedazo de papel de filtro; los agujeros quedan marcados por manchas en el papel.

Densimetría. — Interesa á cada paso, en las investigacio-

nes fisiológicas, la determinación del peso específico de los líquidos orgánicos, sangre, suero, orina, leche, etc. Para determinarlo, se aplican los dos procedimientos usuales en Física: el del frasco y el de los areómetros ó densímetros.

Si se va á hacer uso del primero, se ha menester de un frasco bien calibrado y provisto de un tapón hueco y perforado, para que al cerrar el frasco lleno, ni el líquido se derrame dejando una cavidad, ni en ésta se introduzca el aire. Seco perfectamente el frasco, se tara y se le llena de agua destilada á 16° ó 17° C., y se espera á que baje á 15°: entonces se le pesa. Luego se le seca nuevamente, se le llena del líquido cuya densidad se va á averiguar y se le pesa de nuevo. El peso específico de este último es el cociente de su división por el peso del agua. Llamando P al peso del agua y P' al del líquido, la densidad x de este último

$$\text{resulta: } x = \frac{P'}{P}.$$

Como el volumen de los líquidos varía con la temperatura, es preciso que la manipulación se haga á un grado fijo para los dos líquidos: ordinariamente á los 15° C.

Por el procedimiento de los densímetros ó areómetros se averigua la densidad de los líquidos orgánicos disponiendo de varios aparatos de esta clase, lastrados y graduados para los diferentes líquidos orgánicos, á una temperatura dada. Así, para la determinación de la densidad de la leche úsase el lacto-densímetro; para la de la orina, el urinómetro, etc.

Para no emplear mucho líquido en el ensayo, échase en una probeta cilíndrica de poco diámetro y de suficiente altura, para que pueda flotar el areómetro. Á veces, como cuando se trata de la sangre, no se dispone más que de unas cuantas gotas, y entonces se determina el peso específico, dando un rodeo. Se disponen varias soluciones salinas ó mezclas de glicerina y agua de densidades conocidas, y se deja caer sobre cada una de ellas una gota de sangre; si ésta es más pesada, se va á fondo; si más ligera,

flota; y, en fin, por tanteo se llega con bastante aproximación á determinar el peso específico que se desea.

Los líquidos orgánicos tienen una densidad muy poco superior á la del agua, porque, en general, son disoluciones acuosas muy pobres, y se acostumbra referir su peso específico al agua destilada en relación á 1.000. En su virtud, cuando decimos que la densidad de la sangre es de 1.070, expresamos que, á volúmenes iguales, lo que pesa 1.000 gramos de agua, pesa 1.070 gramos de sangre.

Procedimiento de análisis química. — Para conocer la composición de una substancia compleja, no hay sino descomponerla en sus factores ó elementos y analizar particularmente cada uno de éstos. Ahora bien: el análisis de cada uno de los cuerpos que entran en un compuesto no puede verificarse sin aislarlos, y el aislamiento se consigue fácilmente cuando son gaseosos ó insolubles. Ejemplo de lo primero es la descomposición de la urea en sus elementos, ázoe y ácido carbónico, por los hipocloritos ó hipobromitos alcalinos; y de lo segundo, la precipitación del glucógeno por el alcohol, ó del fibrinógeno de la sangre con el sulfato de magnesia. Unas veces el precipitado es incoloro, y es necesario aislarle para pesarle; pero otras veces tiene color propio, y entonces puede dosificarse sencillamente por el cambio de coloración que experimenta el soluto.

De aquí se siguen dos procedimientos muy usuales de análisis: por separación de un compuesto insoluble, ó análisis gravimétrico y el volumétrico.

A. ANÁLISIS POR PONDERACIÓN DE UN PRECIPITADO (GRAVIMÉTRICO). — Unas veces se obtiene el precipitado combinando el cuerpo que se trata de aislar con otro, que da con él un compuesto insoluble. Tal es el caso, cuando tratamos el suero de la sangre, privado ya de materias orgánicas, con el nitrato de plata para dosificar los cloruros; el cloro se combina con el metal,

dando un cloruro insoluble en el agua y soluble en el amoniaco. Otras veces el precipitado se obtiene cambiando simplemente el estado molecular de la substancia para que de soluble se torne en insoluble en el agua. Ejemplo: todas las substancias proteicas y los fermentos amorfos son insolubles en el alcohol, y se precipitan por este reactivo. Si la acción del alcohol continúa, los proteicos acaban por coagularse; en cambio los fermentos no se alteran sino al cabo de mucho tiempo de digestión alcohólica.

Se dice que un cuerpo proteico se precipita cuando se hace insoluble en el agua á virtud de un reactivo; pero si éste deja de actuar, vuelve á disolverse en sus disolventes ordinarios. La coagulación induce un cambio molecular más hondo, y tiene efecto cuando el cuerpo precipitado pierde para siempre la virtud de disolverse en sus disolventes naturales. El alcohol precipita á la pepsina, pero este fermento puede volver á disolverse en el agua. El calor coagula á la albúmina, pero este cuerpo queda inapto para volver á disolverse. Conviene tener presente estas diferencias.

El alcohol precipita primero y coagula á la larga las substancias proteicas.

Una vez precipitada ó coagulada una substancia, queda en el filtro luego que se filtra el líquido de que formaba parte, y se suceden una serie de operaciones prolijas para lavarla con reactivos que disuelvan á los cuerpos que puedan impurificarla, pero no á ella, separarla del papel de filtro, secarla y pesarla.

Se me ocurre un ejemplo de mucha aplicación en la práctica médica. Sospéchase que una orina contiene albúmina, y se nos pide: 1.º, saber si la contiene; y 2.º, en qué cantidad.

Para satisfacer la primera pregunta, fíltrese la orina y después añádanse unas cuantas gotas de ácido acético. Échese una porción de esta orina filtrada en un tubo de ensayo; después tómese el tubo por el fondo y caliéntese por el nivel del líquido hasta que empiece á hervir. Si la orina contiene albúmina, se enturbia por la parte calentada, y ese enturbiamiento hace contraste con el resto del líquido, que continúa color de ámbar. Si no se toma esta precaución y la cantidad de albúmina es escasa,

quedará la duda de si hay ó no enturbiamiento. La adición del ácido acético es precisa; porque si la orina fuese neutra ó alcalina, los fosfatos se precipitarían con el calor y podrían hacer creer en la presencia de albúmina.

Para dosificar la albúmina, una vez seguros de que la orina es albuminosa, he aquí el procedimiento: Un volumen conocido de orina filtrada y ácida, se evapora á una dulce temperatura hasta que se reduzca mucho; se prueba la reacción, y si fuera muy débilmente ácida se le añade una gota de ácido acético. Luego se trata este extracto de orina por diez veces su volumen de alcohol absoluto y se hierve; se filtra en caliente, y el precipitado y el papel de filtro que lo contiene se lavan con alcohol absoluto y éter; luego se seca en una estufa á 110° y se pesa. Después se colocan papel y precipitado en un crisol, cuyo peso sea exactamente conocido, y se queman. Vuélvese á pesar el crisol, en donde han quedado las cenizas de la combustión, y la diferencia da el peso de las dichas cenizas. Restando ahora este peso del que arrojó el precipitado y el papel, secos, se obtiene el de la albúmina. En este análisis se supone que el papel de filtro no produce cenizas; si las produjera, hay que determinar preliminarmente su peso y restarlo.

B. ANÁLISIS VOLUMÉTRICO. — Para verificarlo se necesita un reactivo que produzca una reacción aparente con el cuerpo disuelto que se va á dosificar. Se comienza el análisis por preparar el reactivo y dosificarlo por centímetros cúbicos, y luego se le coloca en una bureta y se vierte gota á gota sobre el líquido que se va á analizar, y según la cantidad de reactivo que se haya gastado en la reacción, se deduce la de la substancia que se ensaya. Pero ocurre que, como las reacciones son coloreadas, se duda cuándo terminaron, y nunca se sabe á punto fijo cuándo se debe cerrar la llave de la bureta porque no hace falta más reactivo. Para estos casos es conveniente tener á mano otro reactivo que denuncie el término de la operación: al reactivo que actúa sobre la substancia que se ensaya se le llama *de prueba*, y al que reacciona con el de prueba y nos avisa del término de la operación se le llama *indicador*.

Un ejemplo hará comprender la función de ambos reactivos. Se trata de dosificar el ácido fosfórico contenido en la orina sirviéndonos de reactivo el

acetato de uranio, que da con el primero un precipitado insoluble de fosfato de uranio. Empezaremos por preparar una disolución de acetato de uranio, la dosificamos con el fosfato ácido de amoníaco ¹ nos resulta, por ejemplo, que cada centímetro cúbico de acetato precipita 0gr., 01 de ácido fosfórico. Ya tenemos preparado el reactivo de prueba; no hay sino poner un volumen conocido de él en una bureta.

Luego tomamos 50 c. c. de orina, la acidificamos con algunas gotas del acético, la hervimos y la filtramos. En seguida se vierte el reactivo gota á gota sobre la orina y se va formando un precipitado amarillo lechoso de fosfato de uranio. ¿Cuándo se ha precipitado todo el ácido fosfórico? Para averiguarlo, con una pipeta se toma una gota de la orina cuyo ácido fosfórico se va precipitando, y se la mezcla en una cápsula de porcelana ó sobre un papel blanco satinado, con otra de ferrocianuro potásico: en cuanto haya en el líquido un exceso de acetato de uranio dará la mezcla un precipitado rojo obscuro. El ferrocianuro potásico es, pues, el reactivo indicador.

El resultado de la operación no puede ser más sencillo. Si en reducir todo el ácido fosfórico contenido en los 50 c. c. de orina hemos empleado 25 c. c. del reactivo de prueba, claro es que aquél se eleva á 0gr., 01 \times 25 = 0gr., 25.

Alcalimetría y acidimetría. — Todos los líquidos del organismo son alcalinos en el estado normal, á excepción del jugo gástrico, la orina, el sudor y el plasma de los músculos fatigados. De estas cuatro excepciones, dos son accidentales, porque la acidez del sudor es prestada por la putrefacción de sebo cutáneo (ácidos grasos), y la de los músculos es un efecto transitorio de la desasimilación. Quedan, pues, dos líquidos esencialmente ácidos, el jugo gástrico y la orina: el primero debe su reacción á los ácidos libres, y la segunda á una sal ácida.

No quiere esto decir que en el organismo no se encuentran ácidos; pero ó son muy débiles, como el carbónico, ó aparecen combinados con las bases, como el úrico.

La alcalinidad de los humores es una condición esencial para la nutrición, y basta que se rebaje la proporción de álcalis para que el cambio

¹ Esta sal debe deshidratarse previamente á 100°.

atómico se resienta. No parece sino que las fermentaciones y combustiones orgánicas se entorpecen con los ácidos.

Para reconocer la alcalinidad ó la acidez de un humor, basta probarle con el papel reactivo. Éste se fabrica con papel chupón, impregnado de tintura de tornasol: es sabido que la tintura se enrojece con los ácidos y se vuelve azul con los álcalis.

Halliburton ¹ recomienda los siguientes reactivos: el naranja de metilo en disolución acuosa al 1 por 1.000. Con los ácidos—á excepción del carbónico y del sulfhídrico—da color rosa, y amarillo con los álcalis. Es un excelente reactivo para el amoniaco y sus sales.

La Fenacetolina en disolución alcohólica—dos gramos por litro—da con los ácidos minerales un color amarillo de oro; con el amoniaco y los carbonatos alcalinos, rosa obscuro; con los bicarbonatos, rosa brillante; y amarillo apenas perceptible, con la sosa y la potasa cáusticas.

Para medir la alcalinidad ó la acidez de un líquido, se trata respectivamente por una disolución dosificada de un ácido ó de un álcali, hasta que el líquido aparezca neutro. Ordinariamente, para neutralizar los álcalis se usan las disoluciones de los ácidos tártrico, oxálico y clorhídrico; y para los ácidos, las de sosa y potasa cáusticas. Estas disoluciones se depositan en una bureta, y se las vierte gota á gota sobre un volumen conocido del líquido que se ensaya, hasta que la reacción ácida ó alcalina desaparezcan.

1 Halliburton, *Chemical Physiology*. — London, 1891.

Lécción V.

Preliminares. (Método gráfico.)

Sumario: Método gráfico: servicios que presta á la Fisiología. — Análisis de los movimientos por el método gráfico. — Aparatos autográficos. — Partes de que constan. — Ventajas é inconvenientes de los dichos aparatos. — Cronógrafos.

Aplicaciones del cálculo á los problemas fisiológicos. — Relaciones de ponderación entre la función y el órgano. — Términos medios. — Estadísticas. — Condiciones de una buena estadística.

Y ga
Método gráfico. — Consiste en la sustitución de los valores aritméticos de un fenómeno, por líneas geométricas trazadas sobre un plano. Á la línea que expresa el fenómeno se le llama gráfica, y resulta de la combinación de dos factores variables, la amplitud y la duración.

Todas las funciones del organismo son fenómenos de movimiento y se comprenden en la fórmula genérica de éste: $M = F(E, T)$ *Movimiento, igual á función de tiempo y espacio.* Es decir, que en todo acto de movimiento, además de la masa corpórea que se mueve, hay lugar á la consideración de dos factores, espacio recorrido y tiempo empleado en recorrerlo: el espacio se representa por la unidad lineal, metro, con sus múltiplos y divisores, y el tiempo también se mide por otra unidad lineal, en representación del movimiento uniforme de revolución de la tierra alrededor de su eje.

Cuando se trata de movimientos traslativos, los dos factores variables que juegan en las gráficas son el espacio recorrido y el tiempo empleado; pero si se analizan movimientos vibratorios, la

terminología cambia, con no escasa confusión de los alumnos poco avezados á los estudios de la Física.

Los movimientos vibratorios tienen por forma elemental una ondulación análoga á la que produce un péndulo, y han convenido los físicos en llamar *intensidad* ó *amplitud* al espacio recorrido por el péndulo en cada oscilación; *duración*, al tiempo que tarda en verificarse; y *tono* ó *altura*, al número de oscilaciones que tienen lugar en la unidad de tiempo. De la amplitud de un movimiento vibratorio juzgamos por la intensidad de la sensación que nos produce, y por eso amplitud é intensidad son sinónimos en el lenguaje: de la duración, por el tiempo; y del tono, por la calidad de la sensación si se la compara con otra producida por movimiento de altura distinta. Un sonido cuya amplitud esté comparada con otro, en la relación de 2 á 1, quiere decir que las excursiones de los puntos materiales, en vibración alrededor de su punto de equilibrio, son de doble extensión en el primer sonido. La misma relación de 2 á 1, no en la amplitud de las vibraciones, sino en el número de ellas por segundo, expresarán la misma nota, sólo que la primera será la octava de la segunda.

En las gráficas de movimientos oscilatorios, v. gr., la sacudida contráctil ó el pulso arterial, apreciamos la intensidad por la longitud de la perpendicular trazada desde el vértice de la curva á la cuerda que le sirve de base; y la duración — si se trata de ondulaciones pequeñas — por la longitud de la dicha cuerda.

He aquí el modo de trazar la gráfica de un fenómeno observado directamente. Sobre un papel se trazan una serie de líneas horizontales y verticales equidistantes, y resultará una cuadrícula. Á las líneas horizontales se les denomina *abscisas*, y á las verticales *ordenadas*: sobre las primeras se mide el tiempo en unidades lineales, y sobre las últimas la intensidad ó amplitud del fenómeno. Imaginemos, como ejemplo, que se trata de construir un trazado gráfico de las oscilaciones de la temperatura de

un enfermo durante los días que ha estado en observación: á la izquierda de la cuadrícula, y sobre las abscisas, que como son equidistantes dividen la longitud de las ordenadas en espacios iguales, se marcan los grados y décimas de grado; y á la cabeza de la cuadrícula, y en los espacios aislados por las ordenadas, los días de la observación. Luego no hay más que marcar con puntos las intersecciones de las ordenadas que señalan el día, con las abscisas que marcan los grados de calor; la línea quebrada que resulta de la unión de los diversos puntos de observación es la gráfica térmica.

Dos ventajas de mucha importancia presta el método gráfico:

- 1.^a La sustitución de datos discontinuos y sucesivos, que fatigan la memoria, por una figura geométrica que dice á la imaginación.
- 2.^a La posibilidad de abarcar el conjunto de un fenómeno, por vario y complicado que sea.

Mas estas ventajas lo son para el que aprende el fenómeno, no para el que lo analiza y construye la gráfica. En el ejemplo del trazado termográfico, antes citado, los beneficios los obtiene el lector, pues por lo que al observador respecta, las mismas anotaciones termométricas tiene que hacer si las apunta en una lista, como si las traduce en gráfica.

Análisis de los movimientos por el método gráfico. — La función de los dos factores del movimiento, amplitud y duración, se marcan con tan rigurosa exactitud en las gráficas, que éstas vienen á ser el retrato del fenómeno. Valga de ejemplo uno de los aparatos más ingeniosos que ha inventado la industria humana, el *glosógrafo* de Gentilli. Este aparato, como indica su nombre, traza sobre una tira de papel las curvas que representan los movimientos de la lengua del individuo que habla; pues bien, la gráfica traduce tan fielmente como la taquigrafía el discurso del orador, ó lo que es lo mismo, tan fieles resultan los signos gráficos de los movimientos de la lengua, como las modificaciones que experimenta el sonido vocal al articularse por las diversas posturas de aquel órgano.

Pero si el glosógrafo retrata bien los movimientos de la lengua y el esfigmógrafo las pulsaciones, es porque los movimientos se escriben automática y directamente, y no hay observador intermedio que se distraiga, yerre ó no alcance á percibir los accidentes del fenómeno. De aquí la invención de los aparatos autográficos.

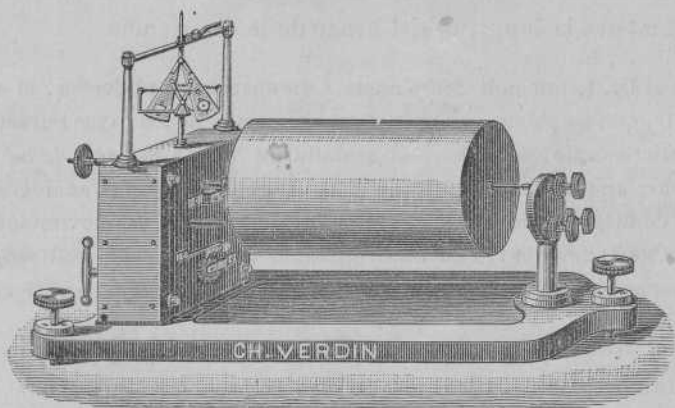


Figura 7.

Cilindro registrador movido por un aparato de relojería y con regulador centrífugo de Foucault. Á la izquierda de la figura nótese el tornillo que permite colocarle en posición vertical.

Aparatos autográficos. — Sirven para recibir el movimiento del órgano y trasladarlo á un estilo, que lo escribe sobre una tira de papel. El movimiento puede inscribirse justo, ampliado ó reducido, pero siempre que no se altere su forma, ó sea la función de sus elementos (intensidad y duración). Las gráficas que se obtienen pueden ser *positivas* ó *negativas*: las primeras resultan escritas con tinta ó lápiz sobre un papel blanco ó cuadrículado; las segundas aparecen en blanco sobre un papel ahumado, y las produce un estilo ó gancho que al arrastrarse despeja el carbón. El ahumado del papel se procura con la llama del alcanfor, que da mucho humo.

Las gráficas negativas se fijan para que no se borren con el barniz copal, y se convierten en positivas por un procedimiento fotográfico.

La mayor parte de los aparatos autográficos que se usan en Fisiología son amplificadores, y la ampliación se obtiene mediante palancas inscriptoras de tercer género, en las cuales, como es sabido, crece la amplitud del movimiento en proporción que aumenta la longitud del brazo de la resistencia.

Dice el Dr. Letamendi, refiriéndose á un aparato amplificador, el esfigmógrafo, que su palanca puede compararse á uno de los rayos refractados en el microscopio, sólo que éste necesita un haz de *palancas de luz* para componer una imagen, mientras que el esfigmógrafo y sus análogos, en fuerza de idas y venidas, construye la figura ampliada del movimiento. El microscopio aumenta lo que está contenido en el espacio, y el esfigmógrafo aumenta en función de espacio lo que está contenido en el tiempo¹.

Un aparato autográfico consta de cuatro partes, que á las veces son cuatro aparatos distintos: 1.º Un *receptor* ó *manipulador*, destinado á recibir el movimiento del órgano. 2.º Un *transmisor*, que recibe el movimiento del manipulador y lo traslada al aparato escribiente. 3.º Un *inscriptor*, para escribirlo sobre una tira de papel que se desliza con movimiento uniforme. Y 4.º Un *aparato de relojería*, destinado á mover el papel en donde se escribe el trazado.

El *receptor*, cuando el órgano que se mueve es sólido, consiste en un resorte que cede si el movimiento le solicita, y por elasticidad vuelve á su posición normal tan pronto como el movimiento cesa. Como los gases son eminentemente elásticos, muchas veces se usa de manipulador una cavidad de paredes elásticas llena de aire. Otras combínase la elasticidad de un resorte metálico con la del aire, y así se tienen muchas variedades de receptores. El esfigmógrafo directo, el primitivo pneumógrafo y el cardiógrafo de

1 Letamendi, *Clinica general*, tomo 1, pág. 305.

Marey, son ejemplos respectivos de manipuladores de resorte metálico, de resorte gaseoso y de resorte doble ó mixto.

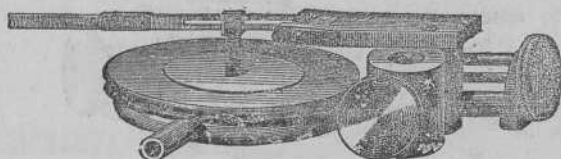


Figura 8.

Tambor de Marey. (Modelo antiguo).

Cuando el movimiento procede de un líquido ó de un gas, el manipulador es un tubo manométrico, á una de cuyas ramas se ajusta un flotador que sostiene una varilla provista en su extremidad libre de un estilo escribiente, ó bien se pone en comunicación el tubo manométrico con la cavidad de un tambor de Marey. El kismógrafo de Ludwig es ejemplo del primer mecanismo, y el hemodinamógrafo de Marey del segundo.

El *transmisor* varía con la disposición del receptor: úsase unas veces de la tracción directa, como en el miógrafo simple ya citado, otras de una palanca, como en el esfigmógrafo directo de Marey, y otras de un sistema de palancas constituyendo el paralelogramo de Wat, como en el kismógrafo de Fick; pero cuando el manipulador lo constituye una cavidad elástica llena de aire, como en el cardiógrafo de Marey, el transmisor es el mismo aire contenido en un tubo elástico. Fabricanse estos tubos de caucho, y van provistos de una válvula, que al abrirse deja penetrar el aire exterior para que se equilibre la presión dentro del tubo con la atmosférica.

El *aparato escribiente* se reduce, en su más simple expresión, á una palanca que termina en un punzón ó lápiz para escribir el movimiento sobre un papel que se desliza con movimiento uniforme. De uso muy general es el tambor de palanca de Marey,

aparato escribiente, cuyos modelos van representados en las figuras 8 y 9.

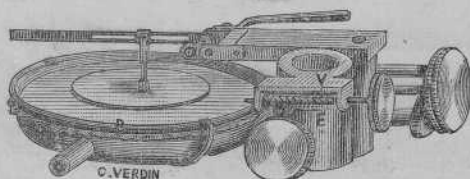


Figura 9.

Tambor de Marey, modificado ¹.

Los tambores son unas cavidades llenas de aire que, por su elasticidad, recibe y transmite las conmociones que le llegan del exterior ó de otra cavidad en comunicaci3n, la del cardi3grafo, por ejemplo. El aparato se compone de una c3psula met3lica cerrada por una membrana de cautchuc, sobre la cual se pega con goma, un disco muy ligero de aluminio: 3ste se articula doblemente con una palanca de poco peso, que gira alrededor de un eje horizontal y se termina por un ganchito escribiente. La cavidad del tambor comunica con el exterior por un tubo met3lico, al cual se enchufa otro de cautchuc para ponerle en comunicaci3n con cualquier otro aparato, cardi3grafo, esfigm3grafo, mi3grafo, etc.

La pieza que juega por doble articulaci3n con la membrana y la palanca, puede deslizarse sobre 3sta para amplificar 3 disminuir la extensi3n de sus oscilaciones, seg3n que se aproxime 3 distancie del eje de rotaci3n; pero cuando este deslizamiento se verifica, la pieza de articulaci3n deja de ser vertical, y para que conserve la verticalidad hay que jugar el tornillo que se ve 3 la derecha de la figura: este tornillo regula la posici3n del tambor, atray3ndole 3 alej3ndole en sentido horizontal.

El tambor se monta sobre un pie que permite colocarle en la disposici3n que se desee.

El aparato de relojería tiene por objeto, seg3n queda dicho, mover con movimiento uniforme el papel en donde se ha de es-

¹ El tornillo *E* sirve para fijar el tambor en el vástago de sost3n, y el señalado con la letra *V* para graduar el anillo *B* que mantiene tensa la membrana. Detrás de la figura se ve una palanquita para elevar 3 deprimir la escribiente.

cribir la gráfica. Muchos aparatos autográficos llevan anejo el de relojería; pero para todos aquellos en que el instrumento escribiente es el tambor de Marey, se requiere un cilindro registrador.

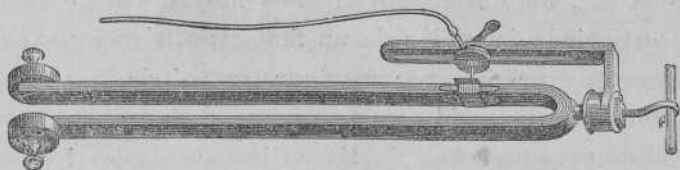


Figura 10.

Diapasón que transmite sus vibraciones á un tambor receptor ¹

El que va representado en la figura 7 es el más perfeccionado de todos. Es un cilindro hueco de cobre, sostenido interiormente por diafragmas del mismo metal y atravesado por un eje de acero: éste se ajusta por un extremo á una punta que es á su vez el término de uno de los ejes del aparato de relojería, y por el otro penetra en la cavidad cónica de un tornillo que atraviesa un disco de bronce. De esta suerte, el cilindro queda suspendido por su eje, entre el eje del aparato de relojería y el tornillo, y puede girar libremente.

El aparato de relojería está provisto de tres ejes que giran respectivamente con velocidades de una, seis y cuarenta vueltas por minuto, y á fin de disminuir rozamientos entre el eje del cilindro y el del reloj, se coloca un mecanismo de suspensión, llamado *toc* ó perrillo. Consiste el *toc* en dos piezas de metal que encajan la una en el eje del reloj y la otra en el del cilindro: la primera lleva un vástago que encaja en una hendidura de la segunda.

Por inercia, el movimiento del cilindro tiende á acelerarse á medida que gira, y para que sea uniforme va provisto el aparato de relojería de un regulador centrífugo que lleva el nombre de su inventor, Foucault.

El modelo de cilindro que vengo describiendo está montado sobre una mesa de madera, pero puede colocársele en posición vertical, y al efecto lleva el aparato un tornillo de sostén, cuya altura se gradúa á voluntad.

¹ Este diapasón va sostenido por un gancho que se ve á la derecha de la figura, y sus ramas terminan en dos masas de plomo. Por lo demás, el simple aspecto del aparato excusa la descripción.

Ventajas é inconvenientes de los aparatos autográficos. — Tres ventajas favorecen á estos aparatos: 1.^a, redimir al observador de la esclavitud á que le condena una observación constante y sostenida cuando el fenómeno es de larga duración; 2.^a, amplificar movimientos muy débiles ó fugaces; y 3.^a, sustituir la definición de un fenómeno, siempre expuesta á un error de expresión, por una figura geométrica que lo representa con todos sus accidentes.

No obstante estas ventajas, tienen inconvenientes los aparatos autográficos, y por ellos no se han generalizado en la práctica médica. Sólo en los laboratorios y en las clínicas se usan á diario estos aparatos; pero ni el esfigmógrafo, ni el cardiógrafo, ni el miógrafo se han extendido entre los médicos como el termómetro, el microscopio y el ureómetro.

Estos inconvenientes, sin contar con el que representa la adquisición del aparato ó aparatos necesarios, son: la difícil aplicación del instrumento, si se quiere que el trazado sea la fiel representación del fenómeno, y la fácil deformación de la gráfica por causas anejas á los dichos instrumentos.

He aquí, según Marey ¹, los principales defectos de los aparatos autográficos y modo de corregirlos:

1.º Como la gráfica se engendra por la combinación del movimiento de la palanca escribiente y el del cilindro registrador, resulta que, cuando este último no es uniforme, el trazado no expresa fielmente la duración del fenómeno. La regularidad absoluta del movimiento del cilindro, no puede obtenerse ni aun con el regulador Foucault; pero se obvia este inconveniente reduciendo á un mínimo despreciable el error de tiempo, haciendo uso de los cronógrafos.

2.º La segunda causa de error es consiguiente á la condición amplificadora de la mayor parte de los aparatos autográficos. Como la palanca escribiente se encuentra situada en un plano paralelo al del papel que recibe el trazado, resulta que las elevaciones y descensos de aquélla no

1 Marey: *Du mouvement dans les fonctions de la vie*. — París, 1868, páginas 185 y siguientes.

trazan sobre el último, cuando está inmóvil, una recta perpendicular á la abscisa, sino un arco de círculo que tiene por radio la longitud de la palanca. Por esta razón, todas las gráficas por ampliación resultan deformadas é inclinadas hacia la derecha, y para corregirlas precisa acudir á uno de estos dos procedimientos: obtener gráficas pequeñas y ampliarlas en el megáscopo; desviar la curva á la izquierda en cantidad igual á las distancias que separan de la perpendicular sobre las abscisas el arco trazado con la palanca á guisa de radio. Esta corrección geométrica va indicada en la figura 11.

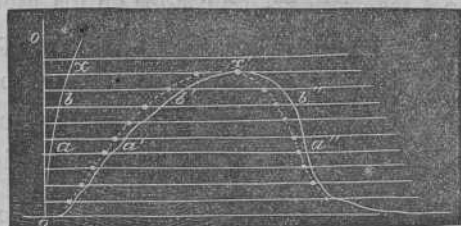


Figura 11.

Corrección de las gráficas según Marey.

3.º Débese á la inercia, y en su consecuencia la palanca, por la velocidad adquirida, asciende más allá de lo que vale la fuerza viva del movimiento. Este defecto se corrige haciendo muy ligeras á las palancas, reduciéndolas en su longitud y compensando la velocidad adquirida con el rozamiento entre el gancho escribiente y la superficie del papel ahumado.

4.º Cuando se trata de inscribir un movimiento brusco, v. gr., una sacudida contráctil, hay muchas probabilidades de que la curva resulte deformada: primero, porque las masas en virtud de su inercia oponen resistencia á pasar instantáneamente del reposo al movimiento; y segundo, porque la transmisión del movimiento se verifica por cuerpos elásticos que se deforman ó ceden ellos mismos antes de transmitir la fuerza. Se corrige este defecto disminuyendo el peso de las palancas para aminorar los efectos de la inercia y construyéndolas lo más rígidas posible.

Cronógrafos. — Son aparatos destinados á medir fracciones de tiempo muy pequeñas.

La duración de un fenómeno se mide por la recta que une los extremos de la curva que le representa, es decir, por la unidad de longitud medida

sobre la abscisa. Cuando se trata de movimientos de relativa lentitud, el tiempo se calcula bastante aproximadamente por la longitud de la abscisa comprendida en la curva, habida cuenta de la circunferencia del cilindro registrador y de la velocidad de su rotación; mas cuando se registran movimientos muy veloces, hay que medir el tiempo con mayor exactitud; entonces apélase á los cronógrafos.

Desde que Tomás Young tuvo la feliz ocurrencia de obtener trazados gráficos de las vibraciones de un diapasón, éste sirve de fundamento á los cronógrafos usados en los laboratorios. De esta suerte, si al pie de un trazado gráfico aparece paralelamente una línea ondulada, producto de las vibraciones de un diapasón que vibra doscientas veces por minuto, por el número de ondulaciones comprendidas en la curva podremos averiguar la duración del fenómeno con un error de $\frac{1}{200}$ de minuto.

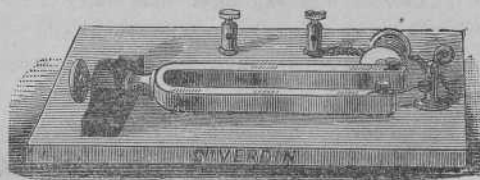


Figura 12.

Diapasón cuyas vibraciones se mantienen por una corriente eléctrica.

Las vibraciones del diapason pueden inscribirse en el cilindro, ya por un tambor escribiente, ya por un pequeño aparato electro-magnético inventado por Marey. En el primer caso, se adapta á una de las ramas del diapason un tambor receptor, y las vibraciones se transmiten á otro escribiente por el aire contenido en un tubo de cautchuc, que pone en comunicación las cavidades de los dos tambores (*figura 10*).

El cronógrafo electro-magnético de Marey, representado en la figura 13, tiene el mecanismo siguiente: las vibraciones de un

diapasón abren y cierran alternativamente un círculo voltaico, en el cual se encuentra un pequeño aparato constituido por un estilo ligero, fijo á una armadura de hierro dulce y sometido á la

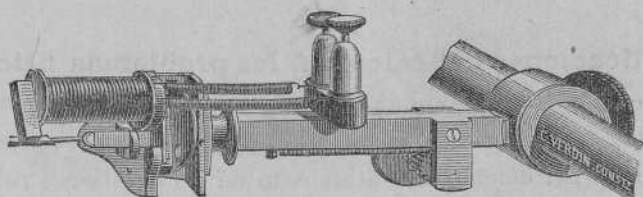


Figura 13.

Cronógrafo de Marey.

acción de un electro-imán; tantas veces como se cierra y se abre el circuito, se imanta el hierro dulce y atrae el estilo; en cuanto el circuito se abre, cesa la imantación, y por la elasticidad de un resorte el estilo vuelve á su posición primera. De este modo, las oscilaciones del estilo escribiente son relativas á las vibraciones del diapasón.

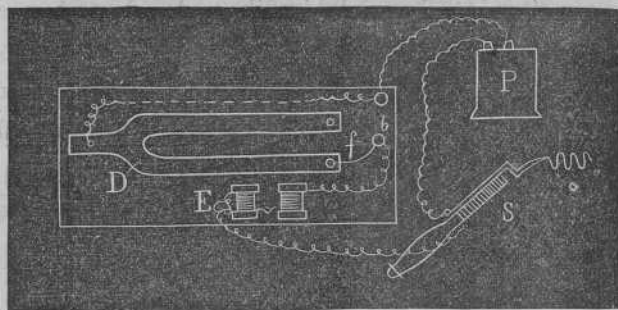


Figura 14.

Esquema del cronógrafo en función, por Pérez Zúñiga ¹.

1 Uno de los reóforos de la pila *P* se une á un casquillo metálico, del cual parte un alambre que lleva la corriente al diapasón *D*. En una de las ramas de éste se halla fijo á favor de un tornillo un alambre de platino *f* que en cierto momento de la ondulación del diapasón toca con un tornillo

Mecanismo parecido tienen otros aparatos, llamados señales eléctricas, que sirven para fijar con gran precisión el momento en que se inicia el fenómeno: la de Deprez, que posee el laboratorio de mi cargo, va representada en la figura 15.

Aplicaciones del cálculo á los problemas fisiológicos. — Cl. Bernard lo ha dicho en dos palabras: la relación de cantidad entre los fenómenos da la ley de los mismos; pero en la aplicación del cálculo al tratamiento de las cuestiones fisiológicas, nos encontramos las más veces con las limitaciones que impone la ignorancia de las condiciones que determinan los hechos.

Dados los valores de los factores, nada tan fácil como resolver el problema aritmética ó geométricamente; pero cuando éstos se desconocen y hay que atenerse sólo á las condiciones exteriores, el cálculo mal aplicado sólo produce, á lo más, aproximaciones, y muchas veces el error. Así, por ejemplo, conocido el valor de la aptencia de la hemoglobina por el oxígeno, es empresa llana averiguar cuánto gas corresponde á la cifra de hemoglobina que posee un sér, ó cuánta hemoglobina iba reducida en la sangre de un animal, habida noticia de la cantidad de aquélla y del oxígeno que produjo ésta; pero en cambio podemos cometer enormísimos errores si pretendemos calcular la inteligencia de un individuo por el peso, volumen ó superficie real de su cerebro, porque desconocemos la relación de la función psíquica con su instrumento cerebral.

situado en *b*: de éste parte un alambre que luego se arrolla en los dos carretes *E* de un electro-imán, y por ultimo va á parar al cronógrafo *S*, en cuyo caso obra el diapasón como simple interruptor eléctrico, ó bien directamente á la pila. Como el contacto de *f* con *b* es alternativo conforme á las vibraciones del diapasón, la corriente eléctrica es interrumpida igual número de veces y paralelamente el hierro dulce del electro-imán es imantado y desimantado, ejerciendo en el primer caso su efecto atractivo sobre la rama correspondiente del diapasón. De esta manera se consigue sostener por un tiempo indefinido las ondulaciones, siempre isócronas, del diapasón vibrante (Pérez Zúñiga *Técnica fisiológica*, pág. 122).

Relaciones entre la intensidad de un fenómeno y el peso del órgano que lo realiza. — Es tan frecuente en Fisiología el empleo de esta relación, como problemático su resul-

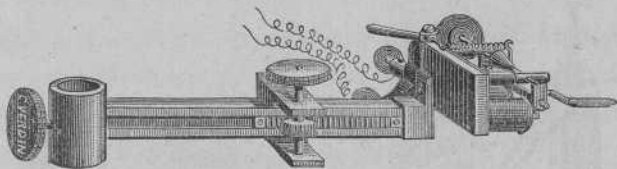


Figura 15.

Señal electro-magnética de Deprez ¹.

tado. Á primera vista parece que debe existir proporción entre el peso del órgano y su trabajo, pero en realidad hay muchas razones para invalidarla. No existe órgano alguno construido exclusivamente con elementos productores de función, sino que todos ellos llevan además elementos de sostén ó de oficio mecánico, reservas nutritivas, vasos llenos de sangre y nervios. Además, la intensidad funcional depende, en iguales condiciones, de la del cambio atómico y de la aptitud de los tejidos; y por todo ello, al calcular, v. gr., la cantidad de orina segregada por el peso de los riñones, ó la de saliva por el peso de las glándulas salivares, se cometen tan groseros errores como los que se atribuyen al vulgo, que juzga de la salud de una persona por lo gruesa que parece. Un mismo individuo, con los mismos riñones, puede segregar un día litro y medio de orina, y otro día tres litros, según la presión de la sangre, la composición de este humor y el estado de la glándula.

Los músculos, que entre todos los órganos son los que aparecen más limpios de tejidos extraños, llevan grasa y glucógeno en reserva y poseen

1 A la derecha de la figura se ve una manecilla para poner en tensión el resorte que vence la atracción de la armadura por los polos del electroimán. De esta suerte, la manecilla sirve para regular el estilo escribiente.

las aponeurosis, el sarcolema, los tendones y los vasos como elementos no productores de función contráctil. Y no hay que decir que no gozan del poder contráctil en igual grado los músculos lisos y estriados en las diversas clases de animales.

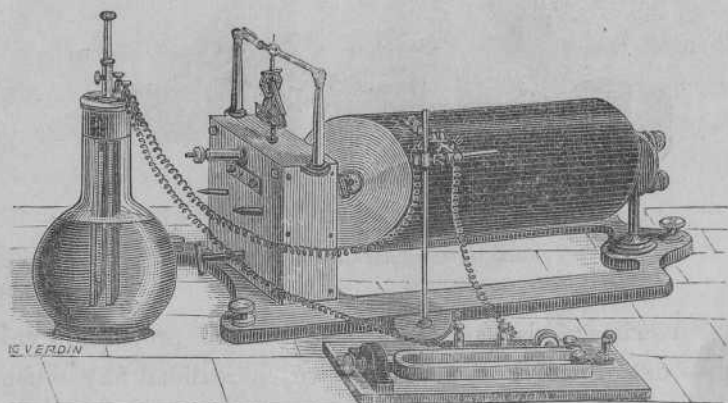


Figura 16.

Cronógrafo en función.

Términos medios. — En este punto dejo la palabra á Cl. Bernard ¹, pues nadie como él para juzgar de esta mediocre aplicación del cálculo.

« El empleo de los *términos medios* en Fisiología y en Medicina, »
 » produce las más veces una falsa precisión en los resultados y »
 » destruye el carácter biológico de los fenómenos. Pudieran dis- »
 » tinguirse, á nuestro objeto, muchas especies de términos me- »
 » dios: los medios físicos, químicos, fisiológicos y patológicos.

» Si se observa, v. gr., el número de pulsaciones y la inten- »
 » sidad de la presión de la sangre por las oscilaciones de un ins- »
 » trumento hemométrico durante un día, y se toma la media de »
 » esta cifra para obtener la presión media verdadera de la sangre »
 » ó el término medio verdadero del número de pulsaciones, se

¹ Cl. Bernard, *Introduction à l'étude de la Médecine expérimentale*, página 235.

» tendrán precisamente números falsos. En efecto, la pulsación
» disminuye de número y de intensidad en ayunas, y aumenta
» durante la digestión y bajo las influencias del movimiento y del
» reposo; todos estos caracteres biológicos del fenómeno desaparecen en el término medio.»

En opinión del célebre experimentador francés, los términos medios no son aplicables más que cuando los valores numéricos varían muy poco entre sí y se refieren á casos perfectamente determinados y absolutamente simples.

Estadísticas. — Cuando se ignoran ó se conocen mal las condiciones de un hecho, se apela á la estadística para que nos revele la parte que corresponde á cada factor en la producción del fenómeno. De aquí se deduce que la estadística no arroja ni puede arrojar un resultado cierto, sino que es un procedimiento para el análisis de las circunstancias en que se produce un hecho.

Una estadística será tanto más valiosa cuanto más rica se ofrezca en datos de observación que puedan ilustrar las circunstancias del fenómeno; y en su virtud, no tienen apenas utilidad las que ofrecen escuetamente y en orden de lista las veces en que un hecho se repitió ó dejó de darse.

Hacer estadística, v. gr., de las veces que la sangre se coaguló antes ó después de los cinco minutos de extravasada, á nada conduce, si no se estudian las circunstancias en que se adelantó ó retardó la coagulación. Otra condición de la buena estadística es que sea numerosa, pues como se trata de fenómenos cuyas causas son desconocidas, la enseñanza aumenta con el número de observaciones. Modernamente se ha caído en el abuso de elevar á proporciones centesimales las estadísticas que comprenden muy pocos hechos, y así se da en el error de afirmar que tal circunstancia se presenta en el 50 por 100 de los casos porque en cuatro observaciones se ofreció dos veces.

Lección VI.

Teoría de la vida.

Sumario: Antecedentes biológicos para el mejor conocimiento de la Fisiología.—Imposibilidad de definir la vida.—Doctrina biológica de Letamendi.—Prenoción vulgar.—Fórmula y factores de la vida.—Ventajas de la expresión algebraica.—Naturaleza de los factores.—Determinación teórica de la función de los factores.

Antecedentes biológicos.—No es posible abordar el estudio de las funciones del individuo vivo más complejo de la creación, sin que me ponga de acuerdo con el lector acerca de algunos temas que hacen relación á la vida y al individuo vivo en general. Así lo han entendido casi todos los autores, los cuales, bajo el título de preliminares ó de Fisiología general, tratan más ó menos extensamente de estas cuestiones. En la exposición de ellas procuraré ser todo lo sobrio que me permita la claridad.

Imposibilidad de definir la vida.—En todo tiempo se ha pretendido definir la vida; pero la escasa fortuna de las definiciones y la talla intelectual de los definidores, hacen pensar que la empresa toca en lo imposible ¹. Y es que todos los sabios

1 Letamendi, en su libro de *Patología general*, páginas 134 y siguientes, hace una razonada é ingeniosa crítica de las quince definiciones que inserta Beaunis en su *Tratado de Fisiología humana* y, á más, de la que propone el mismo Beaunis. Con citar los nombres de los definidores, podrá juzgar el lector que cuando Aristóteles, Lamarek, Bichat, Richerand, Lordat, Beclard, Dugés, Treviranus, P. Berard, De-Blainville, Robin y Littré no han logrado acertar con una buena definición, es porque ésta no se halla al alcance humano.

han pretendido definir la vida como si fuera un sér, un ente ó una esencia, cuando en realidad es un acto.

Doctrina biológica Letamendi. — Precisamente de esta fundamental consideración, de que la vida es un acto de movimiento, parte el sabio Letamendi para instituir su doctrina biológica. Dicha doctrina se sustenta en las dos siguientes prenaciones ó principios vulgares ¹:

1.º *La vida no es un sér, sino un acto, y como acto de un sér corpóreo, se reduce á un caso particular del movimiento.*

El vulgo no tiene, en efecto, otro criterio, para juzgar si un cuerpo está vivo ó muerto, que su movimiento; y así, cuando de la observación resulta que el cuerpo no se agita, ni respira, ni late el corazón ó las arterias, ni se contraen las pupilas, ni excreta, etc., entonces falla que se trata de un cuerpo inerte ó sin vida. «Cabe, sin embargo, que un cuerpo inmóvil sólo esté muerto en apariencia; pero este supuesto en nada desmiente el hecho de que el vulgo estima que la vida es un caso particular del movimiento, ni el perfecto derecho ó fundamento de razón con que procede al pensar de esta manera; porque si tan aparente es la muerte, aunque no sea muerte, bien podrá ser una completa suspensión del movimiento de la vida.»

2.º *Sin los medios de sustento no es posible vivir; á pesar de los mayores y mejores medios de sustento, llega un instante en que el individuo, por ley de su especie, tiene que morir; luego la vida es, no sólo un acto, sino un acto resultante de dos factores: uno que reside en el individuo, según su especie, y otro que lo establece el mundo, ó el medio, para todas las especies.*

Ecuación general de la vida.—De los dos principios que preceden, y de la consideración científica de que todos los seres vivos proceden por generación directa de otros seres de la misma especie, se deduce que el acto vida es función de dos factores: uno,

1 Letamendi, *Patología general*, tomo I, pág. 146 y siguientes.

que reside en el individuo según su especie, y que lo recibió como herencia de sus padres; y otro, que reside en cuanto de material y moral le rodea. Al primero le denomina Letamendi energía individual, y al segundo energía cósmica ó simplemente Cosmos.

He aquí la ecuación que puede plantearse en virtud de lo expuesto:

$$V = f(I, C).$$

Vida igual á la función indeterminada de la energía individual (I) y de las energías cósmicas (C).

Ventajas de la ecuación. — Si la ecuación planteada pudiera resolverse, holgaría este postulado; pero como los signos datos I y C representan valores que la experiencia no ha podido ni podrá determinar, precisa advertir que su solo planteo conduce á las siguientes ventajas: 1.^a tratar en abstracto una cuestión que sólo abstractamente puede ser tratada, y para ello no hay como la adopción del método algebraico; 2.^a, excusar discusiones inútiles para resolver un problema, el de la vida, completamente irresoluble; y 3.^a, determinar los problemas parciales que se derivan de la fórmula general.

Por su extraordinaria complejidad, jamás conoceremos los valores de I C por sencilla que parezca la vida de un sér; pero con la ecuación á la vista podremos resolver los casos particulares en los que i y c sean valorados. Ejemplo: dada la apetencia de un gramo de hemoglobina de los glóbulos rojos de la sangre por el oxígeno, determinar cuánto vale la función respiratoria de los dichos glóbulos. El problema es fácilmente determinable, y resuelto aparece en las lecciones que tratan de la respiración.

Naturaleza respectiva de los factores. — En la función vida, cada uno de los factores tiene su carácter, según nos asegura la experiencia: la energía individual es la *directriz*, ó sea la *eficiente* y la *determinante* de la forma del resultado, y las energías cósmicas son elementos *concurrentes* é *indiferentes*.

Las afirmaciones anteriores no necesitan comentario, pues todos saben que los elementos químicos que forman los cuerpos vivos son históricamente anteriores á éstos; y además, que cuando á un individuo se le agota la energía individual, perece, sin que por eso perezcan el 0, el C , el Ca , etc., que entraban en la constitución de su organismo. Es el sér vivo el que no puede vivir sin 0, no el 0 el que necesita de la vida para existir como tal cuerpo.

Determinación teórica de la función de los factores. — El análisis demuestra que entre las formas fundamentales de función recíproca de dos factores, adición, sustracción, división y multiplicación, es esta última la que tiene lugar entre los de la vida. En su virtud la ecuación general de ésta puede determinarse en la siguiente forma: $V = I \times C$; ó más correctamente: $V = IC$.

No puede ser adicional la función de los factores; porque si cualquiera de ellos no valiera nada, resultaría la vida igual al otro factor; ó lo que es lo mismo, que la energía individual sin medios de sustento y la cósmica por sí, podrían engendrar vida, y son absurdos entrambos extremos.

$(I=5) + (C=0) = (V=5)$. *El individuo viviendo en el vacío absoluto.*

$(I=0) + (C=5) = (V=5)$. *La materia cósmica engendrando vida, ó sea la generación espontánea.*

Tampoco puede ser función subtractiva, porque conduce igualmente al absurdo; pues en el caso, v. gr., de que la energía cósmica fuera mayor que la individual, substraída ésta quedaría aquélla viviendo por su cuenta.

$(C=5) - (I=3) = (V=2)$.

No puede satisfacer la función divisoria, pues puede darse el caso absurdo de que el divisor sea cero, y resultaría el cociente vida igual al

infinito, $\frac{I=5}{C=0} = V \infty$, ó como dice donosamente Letamendi, cinco de potencia visual dividido por cero luz, igual visión infinita.

En definitiva, en la función vida se multiplican los factores, y este resultado está conforme en un todo con la experiencia.

Lección VII.

Individuo vivo.

Sumario: Individuo vivo: definición y caracteres. — Unidad relativa del individuo vivo. — Pruebas históricas de esta unidad. — Pruebas del orden anatómico. — Idem del orden mecánico. — Idem del orden químico. — Método que se impone á la Fisiología por la condición unitaria del sujeto. — Composición química de los seres organizados. — Forma anatómica de los mismos. — Paralelo entre seres vivos é inertes, considerando la forma, composición, origen y evolución.

Individuo vivo. — Lo define Letamendi diciendo que es un sér que conserva y reproduce su forma específica á favor y á pesar del cambio de materia. En esta definición, modelo de definiciones, están contenidos los caracteres esenciales del individuo vivo.

Ni los elementos materiales que constituyen los cuerpos vivos, ni las fuerzas físico-químicas que en ellos funcionan, se diferencian de los que actúan en los cuerpos inorgánicos. Lo que varía es la agrupación molecular, ó sea la función de los elementos y de las fuerzas, según que se refieran á los seres vivos ó á los inertes: estos últimos existen mientras persisten, y para mantenerse no han menester más que el aislamiento de aquellas causas que puedan destruirlos; los primeros tienen de característico la forma, y han de conservarla con su propio trabajo y defenderla de todos los agentes que conspiran contra ella. Á los seres inertes, estables ó inestables, les basta su trabajo intransitivo ó íntimo para conservarse, y carecen de iniciativa en la multiplicación, que siempre es accidental y de causa externa: los organismos vivos, siempre inestables, necesitan cambiar de materia para obtener de este cambio un caudal de energías de libre aplicación á la conservación de la forma, ó sea de la vida, y á la

transmisión de esta forma á favor de la herencia. En breve los seres vivos son inestables porque cambian de materia, y cambian de materia para obtener energías con que conservar su forma en la inestabilidad y transmitirla por herencia á sus descendientes. Trabajar para vivir ó vivir para trabajar: en estos términos se encierra la ley de la vida.

Unidad relativa del individuo vivo. — Entre las unidades que nos ofrece la Naturaleza, ninguna tan positiva como la del individuo vivo. Precisamente á la idea de unidad que nos revela la conciencia en nuestra persona referimos las demás unidades de la Creación. Pero la unidad del individuo es relativa, puesto que vive en y por el mundo y no deja de componerse de partes. Por ser relativa caben grados en ella, y así se ofrece laxa en las especies inferiores, íntima en las superiores, y más intensa aún en el hombre. El organismo humano es el que realiza la mayor unidad, como lo demuestran las siguientes pruebas:

Pruebas históricas. — Como la unidad de la persona es una revelación de la conciencia, el hombre se ha reconocido uno desde que tuvo uso de razón. De aquí que la afirmación de la unidad del hombre es, históricamente, anterior al conocimiento de los órganos ó partes que le componen. Hippócrates, hace veinticuatro siglos, dió la fórmula más expresiva de la unidad del individuo vivo en su célebre aforismo *Consensus unus, conspiratio una, omniaque in corpore consentientia*. Harvey, en el siglo xv, no sólo afirmó la unidad del individuo, sino también la de su origen en el célebre aforismo *omne vivunt ex ovo*. Precisa llegar á nuestro siglo para encontrar formulada la pluralidad en los principios de Müller *omnis cellula in cellula*.

Pruebas anatómicas. — Antes de proceder á todo análisis, el individuo vivo aparece como unidad funcional á los ojos del observador; pero cuando éste penetra en los estudios anatómicos, halla que aquella unidad se descompone en multitud de

aparatos, sistemas, órganos, tejidos y elementos celulares. Concluido el análisis, y ya descompuesto el organismo en multitud de partes, viene irremisiblemente al espíritu la necesidad de la síntesis, y entonces se cae en la cuenta que tanta variedad se resuelve en unos pocos tejidos, éstos en las tres hojas del blastodermo, y el blastodermo en el protoplasma de una sola célula, el huevo. En suma: el punto de partida de todo estudio biológico es la unidad individual del sér viviente, y el término la unidad anatómica que representa el germen. Las intuiciones de Hippócrates y de Harvey merecerán siempre el elogio de la ciencia, por haber fijado los términos de la unidad del sér viviente.

Á mayor abundamiento, puede anotarse que los seres vivos, y en especial los de organización sencilla, tienen el poder de restaurar las pérdidas de substancia que experimentan; en el proceso de la restauración, por analogía con el embrionario, se da un tejido de estructura sencilla, y á sus expensas se producen los vasos, las glándulas, tendones, etc., hasta reproducir con toda fidelidad la parte ó el órgano perdido. Sólo unos pocos tejidos se daban por irrestaurables, pero los progresos de la investigación van restringiendo su número: el nervioso era uno de ellos, y hoy está demostrado que puede restaurarse (Vitzou).

Pruebas mecánicas.— Las energías que funcionan en el organismo tienen un origen común en la metamorfosis química de los principios inmediatos de los alimentos y de los tejidos, y en la transformación de las energías del medio cósmico. Además, el individuo vivo funciona como sistema mecánico unitario, en el sentido de que toda variación en más de una función cualquiera, induce variante en menos, en las congéneres.

Infinitos son los ejemplos que pudieran presentarse en corroboración de lo expuesto. Citaré los primeros que se me ocurren: el riñón y las glándulas de la piel tienen funciones compensadas, y de aquí que cuando se suda *más* se orina *menos*, y á la inversa. El propio riñón y las glándulas del estómago se encuentran también en relación invertida para la secreción de ácidos: á *mayor* acidez del jugo gástrico, orina *menos* ácida: á *menor*

poder voluntario, *mayor* intensidad en los reflejos: á la *anemia* de unos órganos acompaña *hiperemia* en otros. El predominio de un sistema orgánico (temperamento) arguye flaqueza en los demás: por esta razón el vulgo no pide delicadeza de entendimiento á los atletas, ni fuerza muscular á los nerviosos, ni nervio á los linfáticos.

Pruebas químicas.— Los elementos químicos que entran en la constitución de los cuerpos organizados se encuentran disfundidos en todo el organismo, hasta el punto de que lo que caracteriza químicamente un tejido ó un humor no es la presencia, sino el exceso de tal ó cual elemento. Esta ubicuidad de los cuerpos químicos es la mejor prueba de la unidad de los seres vivientes en este concepto.

Letamendi compara con mucha razón el individuo vivo á un radical complexísimo constituido por quince ó diez y seis elementos. Se parece, en efecto, el sér vivo á un radical: 1.º, en que los cuerpos simples que le constituyen subordinan sus dinamicidades particulares á la dinamicidad del conjunto; y, 2.º, que son posibles en los organismos vivos, dentro de ciertos límites, la sustitución de unos cuerpos por otros, v. gr., el manganeso por el hierro, y el fósforo por el arsénico.

Como ejemplos de la ubicuidad de los cuerpos químicos me ocurren: la coexistencia en el plasma de la sangre de ácidos y álcalis, no obstante dominar éstos sobre aquéllos; la doble combinación de la hemoglobina de los hematies con el O y el CO², y la difusión de la materia colorante de la sangre para dar color á los tejidos y humores. Como excepción pudiera citarse la riqueza en potasa de los glóbulos sanguíneos contrastando con la abundancia de sosa en el plasma; pero tal excepción se desvanece si se considera que plasma y glóbulos constituyen un solo tejido, el hemático.

Por lo demás, no son precisas muchas razones para hacer ver al lector que el individuo vivo no apetece como O, ni como glucosa ni como albúmina, sino como planta ó animal, según su especie y condiciones; y, por tanto, es una verdad que los cuerpos químicos que informan á los organizados subordinan sus apetencias particulares, dentro de ciertos límites, á la apetencia total del sér.

Método peculiar de la Fisiología.— En razón á ser unitario el organismo vivo, se impone como método peculiar, no sólo

á la Fisiología, sino á todas las ciencias médicas, el de reintegración mental inmediata de todo análisis material. El mayor mérito de la reforma planteada por Letamendi ha sido la proclamación de este método, pues con él se logran dos ventajas inestimables: 1.^a, la constitución de las ciencias biológicas: 2.^a, el inmediato y racional aprovechamiento por la Medicina de cuanto de particular se investigue.

Es de tal monta la última de las ventajas citadas, que bastaría por sí para adoptar el método. Ya lo he dicho en otra ocasión: nuestros estudios médicos se inspiran en la necesidad de evitar y curar las enfermedades, y la urgencia de este ministerio se nos impone. Hay, pues, que reintegrar á la unidad del individuo cuanto de particular inquiramos, y, sólo de esta suerte, lo que resulte en el laboratorio podrá tornarse inmediatamente en favor de la humanidad.

Composición química de los seres vivos. — De los cuerpos simples que conocemos en nuestro planeta, menos de la cuarta parte gozan el privilegio de entrar en la organización. El resto está destinado exclusivamente al mundo inorgánico.

He aquí los nombres de los 15 ó 17 elementos que se han encontrado en los seres vivos: carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo, fluor, cloro, silicio, sodio, potasio, calcio, magnesio, litio, hierro, y en algunas ocasiones manganeso, cobre y plomo.

De la forma en que estos elementos se combinan para constituir los cuerpos vivos, poco ó nada sabemos, porque no alcanzamos otro medio de averiguarlo que el análisis, y éste no puede verificarse sin destruir la materia organizada. Ateniéndonos, pues, á lo que dan de sí los cuerpos vivos y á lo que producen cuando se les destruye, podemos decir que unos elementos aparecen libres y otros figuran siempre combinados: entre los primeros se cuenta el *O* y el *N*, que se desprenden de la sangre cuando se la somete al vacío; el *H*, que se le encuentra en el intestino; y el *C*, que algunas veces se le halla infiltrado en el te-

jido de los pulmones; mas debe advertirse que todos estos cuerpos libres no forman parte de la materia organizada, sino que son reservas nutritivas, excreta ó mundo penetrante.

Para los cuerpos compuestos que se encuentran en los análisis de la materia organizada, puede aceptarse con ligeras variaciones la clasificación de Halliburton ¹.

Cuerpos compuestos que se encuentran en el organismo

Compuestos.....	Inorgánicos....	Agua. Peróxido de hidrógeno. Hidrógeno sulfurado. Amoniaco. Ácidos minerales. Sales.
	Orgánicos.....	Alcoholes. Ácidos orgánicos. Grasas. Derivados del amoniaco.. { Aminas. Aromáticos. { Amidas. Proteicos..... { Albuminoides. { Pigmentos. { Fermentos? Hidrocarbonados..... { Amilosas. { Sacarosas. Glucósidos. { Glucosas.

De los quince elementos citados no puede decirse que ninguno huelgue, sino que todos tienen papel interesante en la función vida, como lo prueba que las enfermedades y la muerte son la consecuencia de la privación de cualquiera de ellos; pero si medimos su importancia por la proporción en que entran en los cuerpos vivos, hemos de conceder los primeros lugares por el orden en que se nombran á los cuatro siguientes: C, O, N, H.

La pérdida del Ph. del Fe, del K ó del Na, causan la muerte

1. Obra citada, pág. 57.

en período breve; pero la privación de O mata en unos minutos. No se concibe un cuerpo orgánico sin C, y con razón se ha dicho que la Química orgánica es la química de este elemento.

*Combinaciones
Orgánicas*

Tanto en la elección de los elementos como en su combinación parece que la Naturaleza se ha ocupado ante todo en asegurar una gran movilidad á los cuerpos organizados. Para lograrlo se ha valido del contraste entre las propiedades químicas de los principales elementos, ha preferido los elementos y compuestos gaseosos y líquidos á los sólidos, ha formado moléculas complejísimas de enorme peso atómico, y, en fin, ha construido la mayor parte de los compuestos sobre el tipo coloide, que es prodigio de inestabilidad y de movimiento.

En efecto; de los cuatro elementos primordiales, el C es sólido, y el H N y O gaseosos. El C es inerte á la temperatura ordinaria; el N se combina difícilmente, y cuando lo hace forma compuestos inestables, y por oposición el O es uno de los cuerpos más inactivos. El H es el más electro-positivo de los metaloides, y el O el más electro-negativo.

Los compuestos binarios de los cuatro elementos, á excepci3n del agua, son menos estables que los correspondientes á los otros cuerpos. En cambio es el agua el compuesto más neutro que se conoce.

Las combinaciones ternarias son más estables, pero esta estabilidad es muy relativa. Las glucosas se descomponen á temperaturas poco elevadas, sobre todo en presencia de los álcalis; las grasas se oxidan ó carbonizan con facilidad, y los alcoholes y sus derivados resisten débilmente á la descomposici3n. Por lo que hace á la actividad química de estos compuestos, si exceptuamos á los ácidos acético y fórmico, los demás se combinan con escasa energía. Los alcoholes son cuerpos neutros. Los compuestos cuaternarios proceden de la descomposici3n de los tejidos, y se caracterizan por el grosor de sus moléculas, por su extraordinaria inestabilidad y por su inercia química. En rigor hay pocos compuestos cuaternarios en el organismo, pues á los cuatro elementos se unen frecuentemente el azufre y el fósforo y algunas veces el hierro.

Tanto los compuestos ternarios como los cuaternarios son sustancias fermentescibles, y, por lo mismo, muy aptas para jugar en la nutrici3n.

Forma anatómica de los seres organizados.—Efecto

del grosor de las moléculas ¹ que les constituyen y de su riqueza en agua, los seres vivos tienden á la forma curva ó redondeada. Esta forma no puede ser más beneficiosa á la función de los individuos vivos, pues teniendo que nutrirse por toda su masa y no contando con más frontera de cambio que la superficie de su cuerpo, la desproporción entre la superficie y el volumen es tanto menor cuanto más se acerque la forma á la esférica. La esfera es, entre todas las figuras, la que arroja mayor superficie en relación al volumen.

Á medida que crece el cuerpo de un sér vivo, se agranda la desproporción entre la superficie de su cuerpo — por donde han de penetrar los ingresos y exportarse los residuos — y el volumen de la masa que ha de nutrirse, pues mientras que la superficie aumenta como el cuadrado, el volumen aumenta como el cubo de las dimensiones. Por esta razón, en igualdad de condiciones, se encuentran desfavorecidos en su nutrición los seres de gran corpulencia.

Para que sea compatible el mayor tamaño corporal con una nutrición intensa, la membrana superficial ó cutis de los animales se subintra constituyendo una serie de cavidades en comunicación con el exterior, y de esta manera se multiplica la superficie de cambio sin crecimiento real del volumen del cuerpo. El tubo digestivo y las cavidades respiratorias son ejemplos de dilatación de las fronteras para la importación de los ingresos; y los tubos renales y sudoríparos, de aumento de la frontera para la exportación de productos excrementicios. Según cálculos de Küss, la superficie de las vesículas pulmonares equivale á 200 metros cuadrados, y la longitud de todos los tubos sudoríparos empalmados, á cuatro kilómetros.

Además de estas cavidades en comunicación con el exterior, existen otras completamente cerradas, tales como las de los vasos, corazón, senos, ventrículos encefálicos y serosas, en las cuales se contienen humores; pero hay que contar que para los efectos de la nutrición todo el cuerpo es penetrable.

1 Cuanto mayor es la masa y más débil la aptencia de las moléculas, éstas se atraen con más fuerza por sus polos, y de aquí la tendencia de los cuerpos organizados á la forma esférica y su incapacidad para cristalizar. (Herbert Spencer: *Principes de Biologie*, traduit par Cazelles, tomo 1, París, 1888.

Una vez que las materias cósmicas (alimentos, venenos, medicamentos), han atravesado la membrana límite, circulan por todas partes, ya arrastradas por los líquidos, ya conducidas por las células emigrantes (leucocitos). Somos, pues, á modo de esponjas rodeadas y penetradas por el cosmos hasta las intimidades de nuestro cuerpo.

Letamendi ha señalado con gran precisión las relaciones entre el cosmos y el individuo vivo, denominando respectivamente *peri*, *meso* y *endocosmos* al mundo en cuanto nos rodea, se contiene en las cavidades de libre comunicación con el exterior ó nos penetra. De estas tres relaciones sólo es total y cruzada la última, lo cual quiere decir que ni el organismo ni la materia cósmica cambian recíproca y completamente sus influencias sino cuando ésta ha penetrado en el espesor de aquél.

Paralelo entre los seres vivos é inertes. — Difieren los seres organizados de los inorgánicos por su origen, forma, composición y evolución.

Los seres vivos son engendrados directamente por otros seres de la misma especie, mediante un germen fecundado, en el cual no se contiene ni la materia ni la forma del nuevo sér, sino la dirección ó impulso generativo. Los cuerpos químicos se multiplican por fraccionamiento mecánico ó por cristalización; mas en ambos casos, cada uno de los trozos reproduce desde luego la forma del cuerpo de que proceden.

Los seres vivos tienen constante la forma íntima ó molecular, y mudable la materia: los cuerpos químicos poseen materia y forma constantes, y perecen cuando se cambian sus átomos ó la agrupación atómica.

Los seres vivos gozan de composición compleja, y esta complejidad les es esencial: los cuerpos químicos pueden constar de un solo elemento, y aun cuando sean compuestos nunca alcanzan la complicación de los organizados. Accidentalmente pueden contener los cuerpos químicos agua y gases; pero pueden subsistir anhidros: en cambio los seres vivos han menester de gases y de líquidos para su función.

Para existir los cuerpos químicos les basta persistir, y no nece-

sitan de ningún trabajo para conservarse: los seres vivos viven mientras luchan por sostener su forma, y en esta lucha van gastando la energía de que disponen. De donde se deduce que los minerales, ni gozan de evolución, ni tienen edad; y por el contrario, los vivos están cambiando desde la concepción hasta la muerte, y envejecen al par que viven.

De estas fundamentales diferencias derivan otras que completan la distinción entre los seres vivos é inertes. Los primeros representan un sistema de subordinaciones jerárquicas, en donde cada parte tiene su función especial, y todas ellas concurren á un fin armónico. En los minerales, la heterogeneidad es un accidente, y cada parte, homogénea ó heterogénea, puede existir por sí, sin que el todo se resienta de la separación.

Los elementos, y muchos cuerpos químicos compuestos, pueden pasar por los tres estados sin que los primeros dejen de ser lo que son y sin que se altere la agrupación molecular de los últimos. Nada de esto ocurre con los seres vivos, por sencillos que sean.

Un átomo de carbono, otro de oxígeno, cuatro de hidrógeno y dos de ázoe, pueden constituir dos compuestos de propiedades diversas — la urea y el cianato amónico — según como se agrupen los átomos. De aquí se deduce que la forma es esencial á los cuerpos químicos; pero no lo es menos la composición, puesto que cualquier cambio atómico da de través con ellos. Suprímase, añádase ó sustitúyase cualquiera de los átomos de N, C, H ú O, y ya no resultará ni la urea ni el cianato amónico.

Por oposición, la estabilidad en la composición es incompatible con la vida, pues los seres organizados necesitan cambiar de átomos para conservar su forma. La condición precaria de los seres vivos les expone á enfermedades y á la muerte accidental; y si en fuerza de industria evitan aquéllas y ésta, al cabo mueren naturalmente por exhaustación de la energía que vienen gastando, en lucha con el medio, desde el instante de la concepción.

FISIOLOGÍA ESPECIAL HUMANA

Leccción VIII.

Funciones del hombre.

Sumario: Definición del hombre. — Carácter de sus funciones. — Clasificación de las mismas.

Definición del hombre. — Entre las muchas definiciones propuestas, me parece la mejor la de Aristóteles: *El hombre es un animal racional.*

Caracteres de las funciones del hombre. — Tres rasgos caracterizan fisiológicamente al hombre: 1.º Mayor solidaridad de las funciones. 2.º Más completa y acabada división del trabajo fisiológico. Y 3.º Supremacía de las funciones anímicas.

Si en punto á las funciones anímicas ó psíquicas media un abismo entre el hombre y los demás seres organizados, en relación á las vegetativas y animales no se diferencia más que en el grado de complicación. El hombre piensa como racional, se impresiona y se mueve como animal y vegeta como animal y planta.

La mayor solidaridad de las funciones del hombre débese á la constitución de su sistema nervioso. Este sistema, que gobierna y relaciona entre sí á todas las funciones vegetativas y animales, ofrece en el hombre una solidaridad dinámica superior á la que manifiestan los animales superiores. El gobierno nervioso local de

los órganos, encomendado á los ganglios, es menos autonómico, las simpatías más extensas y complejas y las funciones animales pierden de automáticas lo que ganan en voluntarias. La más completa división del trabajo fisiológico es consecuencia de la mayor complejidad anatómica: á función nueva, mecanismo nuevo; y por esta razón está en lo justo la fórmula de Beaunis: «la división del trabajo es la ley que marca el progreso en los seres vivos.» Se me ocurre una adición á esta fórmula, y es que la división del trabajo, para representar un progreso, es necesario que se acompañe de crecimiento proporcional de la unidad del individuo; pues si así no fuera, la multiplicación de mecanismos produciría más confusión que provecho á los seres organizados. Precisamente la superioridad fisiológica del hombre estriba en que reúne la individualidad más intensa á la más acabada división del trabajo.

El carácter racional del hombre trasciende á todos los actos de su vida, y por esta razón las funciones psíquicas dominan é imponen sobre las demás. Sin vegetar no hay hombre que viva, pero vegetando solo no se realizan los altos fines para que fué creado. De aquí que las funciones psíquicas ofrezcan en el hombre una influencia sobre las vegetativas y animales, de que ningún sér animado da muestras. Sólo á condición de ser el hombre inteligente y racional ha logrado enseñorearse de la tierra y de los de más animales; siendo por complejo el más susceptible de todos los seres, es por inteligente el más acomodaticio: vive en todos los climas, salvándose con su industria de los rigores del medio; es omnívoro y se aviene á toda clase de alimentos; aprovecha en su favor las fuerzas cósmicas, y mediante su voluntad trueca en bien muchas causas de mal. La previsión, la acomodación y la defensa no hay organismo que la realice como el humano. Es el que trabaja más y el más expuesto de todos á los rigores del medio cósmico, y sin embargo, su vida media es superior á la de los animales; muchas especies contemporáneas de él han perecido, y el

hombre vive y se dilata por la tierra, aumentando su longevidad y su bienestar en proporción que avanza en cultura.

Clasificación de las funciones. — Á tres fines se destina la actividad fisiológica del hombre: 1.º, á la conservación de su forma á favor del cambio atómico, *nutrición*; 2.º, á relacionarse con cuanto le rodea y á gobernarse á sí mismo, mediante la impresión y el movimiento, *relación*; 3.º, á perpetuarse en el tiempo mediante la transmisión de su forma á la descendencia, *generación*.

Son tres los órdenes de funciones que debemos estudiar en la Fisiología humana: los de nutrición, relación y reproducción.

En rigor, los tres órdenes enunciados no son más que aspectos de la función vital; y si en el hombre aparecen servidos por órganos especiales, en los organismos inferiores se encuentran confundidas en el protoplasma, pues como hemos dicho, toda la masa protoplasmática se nutre, se impresiona, se mueve y se reproduce. En el mismo individuo humano, no obstante lo acabada que se encuentra la división del trabajo fisiológico, los órganos de relación se nutren y se reproducen ó restauran sus elementos celulares; los órganos dedicados á la nutrición se impresionan, se mueven y también se reproducen ó restauran; y por lo que hace á los de la generación, también se nutren, se impresionan y se mueven.

Esta difusión hace muy difícil la exposición metódica de la Fisiología, pues se cae inevitablemente en uno de estos dos escollos: hablar de funciones aún no estudiadas, ó repetir las que se estudiaron. Si empieza la exposición, por ejemplo, con las funciones de nutrición, á cada paso surge un mecanismo reflejo; y como aún no se han estudiado los nervios, los ganglios y los músculos, precisa ponerse de acuerdo sobre el significado de estos órganos, cuyo metódico tratatamiento corresponde á las funciones de relación. Estas deficiencias expositivas son inexcusables, y no hay otro medio de remediarlas que la buena voluntad respectivamente en el maestro y en los discípulos.

FUNCIONES DE NUTRICIÓN

Leccción IX.

Nutrición en general.

Sumario: Nutrición. — Necesidad del cambio atómico. — Ritmo de la nutrición. — Intensidad. — Mecanismo. — Tiempos de la nutrición. — Funciones que comprende la nutrición.

Nutrición. — Es el cambio de materia entre el hombre y el medio cósmico que le rodea. En este comercio, la iniciativa y la utilidad corresponden al sujeto; el medio es concurrente é indiferente.

El hombre es una maravilla en punto á complicación y economía; pero no es excepción en el orden mecánico. Como la más modesta fábrica de su industria produce trabajo útil por la transformación de las energías cósmicas (calor, luz, electricidad, presión, etc.), ó por la combustión de los alimentos que recibe. De una parte recibe el hombre fuerzas ó sustancias que puedan suministrarlas, y de otra devuelve al medio cósmico las escorias de los materiales transformados, quedándole de beneficio las energías que importa la diferencia dinámica entre lo que ingresa como alimento y lo que excreta como residuo (ácido carbónico, agua, urea, etc.). Á su vez, vuelven á disfundirse en la atmósfera bajo la forma de calor y trabajo mecánico las fuerzas empleadas en las funciones; y así resulta ese admirable equilibrio de la naturaleza, en donde nada se crea ni se destruye, sino que todo se utiliza y transforma.

La nutrición se contrae al estudio del cambio de materia y á su resultado útil.

El comercio de energías entre el individuo y el medio, así como el empleo de las dichas energías, cuadran mejor en el tratado de las funciones de relación.

Necesidad de la nutrición.— Desde el instante de la concepción hasta la muerte, la vida es una lucha que exige una función perenne para conservarla. Esta función es un acto de movimiento, y el movimiento exige fuerza. La fuerza de que disponen el hombre y los demás seres vivos procede, según queda dicho, del cambio de materia, que jamás se interrumpe. Cuando el hombre no consume alimentos, consume sus propios tejidos y la muerte es la forzosa consecuencia de la inanición. Sin oxígeno, sin agua y sin alimento, la vida es imposible.

Los seres vivos conservan la forma á pesar del cambio de materia; mantienen sus funciones á despecho de las apetencias particulares de los cuerpos químicos que los constituyen, y se acomodan á las perturbaciones exteriores cuando no pueden evitarlas. Todo ello lo consiguen mediante la oportuna y eficaz aplicación de las energías que obtienen transformando las substancias nutritivas.

Lugares del cambio atómico.— Los animales, como con razón dice Letamendi, realizan un trabajo *exterior*, ó por su superficie cutánea, *interior*, ó por su revestimiento mucoso, é *intimo*, en su propio espesor, con la particularidad de que este último es el fundamental y el que sustenta á los otros dos. De aquí se deduce que los animales gastan material y convierten fuerzas hasta en *lo macizo* de su organización; por tanto, los lugares del cambio atómico son todos los lugares anatómicos.

Ritmo de la nutrición.— El cambio atómico es rítmico y su ritmo consecuencia del siguiente principio fisiológico: «la asimilación coincide con el reposo de los órganos; la desasimilación, con el acto funcional;» el cual principio deriva á su vez de otro biológico: «la función (plástica ó fisiológica) es efecto de un es-

tado molecular anterior y causa del estado molecular subsiguiente.»

No debe confundirse el ritmo de la nutrición con la intermitencia de la alimentación. El hombre recibe alimentos y agua tres ó más veces cada día; inspira oxígeno 18 veces por minuto y guarda en reserva en sus tejidos una cantidad de primeras materias de nutrición. Esto explica el porqué se puede vivir sin comer algunos días y no es posible pasar un minuto sin respirar; en la abstinencia nos mantienen las reservas nutritivas y los mismos tejidos; pero la provisión de oxígeno almacenado en el organismo no alcanza á entretener las funciones más de unos cuantos segundos.

Si de la necesidad de trabajar para vivir se deduce que todo órgano ú organismo que permanece indefinidamente en reposo muere, de los principios antes expuestos se saca que los órganos no pueden permanecer constantemente en función, porque perecerían por falta de asimilación. Á esta alternativa de reposo y movimiento, de asimilación y desasimilación, no escapa ningún órgano vivo, por precisa ó preciosa que sea su función, y hasta el mismo músculo cardíaco, el *primum vivens et ultimum moriens* de la economía animal, cumple esta ley, latiendo 72 veces por minuto y descansando las dos quintas partes de esta unidad de tiempo.

Y 7^a **Intensidad de la nutrición.** — La intensidad del cambio atómico no está en razón de la masa corpórea, como cree el vulgo, sino que guarda relación con la cantidad de trabajo útil que realiza el individuo en un tiempo dado; y este trabajo es proporcional á la complicación anatómica, á la elevación de temperatura del cuerpo y á la susceptibilidad del organismo.

En realidad, las tres condiciones que regulan la cantidad de trabajo para sostener la vida, ó sea la intensidad del cambio nutritivo, se reducen á una sola, la estructura del organismo, porque de ésta depende la mayor susceptibilidad y la elevación de temperatura del cuerpo. Á su vez la estructura anatómica es tan función molecular como las llamadas funciones; de donde se sigue que, si á tales carnes corresponden tales funciones, la recíproca es igualmente cierta.

En efecto, el individuo vivo es unitario, y como unidad funciona, desde cualquier punto de vista que se le considere. ¿Tiene necesidad de cumplir

un gran trabajo porque sus relaciones con el Cosmos y con los demás seres vivos son complejas, su susceptibilidad muy grande, la acomodación varia y su historia azarosa? Pues en armonía con la intensidad del cambio nutritivo, multiplica sus fronteras con el Cosmos, mediante subintraciones y plegaduras del cutis (mucosas y glándulas); acelera la circulación de sus humores (circulación cardio-vascular); aplica á sus ventiladores el mecanismo que se conoce en las máquinas de vapor con el nombre de tiro forzado (respiración pulmonar); se alimenta de sustancias ya cargadas de energía por elaboración de otros individuos más modestos, que son víctimas de su voracidad (alimentación vegetal y animal); mantiene una temperatura elevada en su hogar, para que las mutaciones químicas de su nutrición puedan cumplirse pronto y bien (calor animal); establece comunicaciones á distancia entre los diversos territorios orgánicos, para que las funciones se verifiquen exacta y oportunamente (sistema nervioso); y centraliza todas las actividades y las subordina al instinto, á la inteligencia y á la voluntad. Tal es el cuadro que nos ofrece la nutrición del hombre.

Mecanismo de la nutrición.—Los seres organizados, por sencilla que sea su estructura, no encuentran en el medio los principios asimilables: se alimentan de sustancias que han menester de cierta preparación para dar de sí principios de asimilación. Tampoco los productos desasimilados se excretan de un solo golpe.

Los alimentos no son totalmente asimilables, sino que dejan residuos ineptos para la reparación de los tejidos. Los principios excrementicios se forman muchas veces de la combinación de un cuerpo desasimilado y de un residuo no asimilable.

No todo lo que se come se digiere, ni todo lo digerido se absorbe, ni todo lo absorbido se metaboliza en el acto, ni se asimila todo lo que se transforma. De otro modo: entre lo ingerido como alimento y lo asimilado se encuentran cuatro mermas, á saber: lo no digerido, lo que no se absorbe, lo que se reserva y lo que se excreta sin asimilar. Mucho sabemos de lo que se digiere y transforma en el tubo digestivo, bastante de lo que se

absorbe, algo de lo que se reserva y casi nada de lo que se metaboliza; y es que, aquende las fronteras del organismo, todo tiene un dejo físico-químico que se hace asequible á nuestro análisis; pero, allende el epitelio, ¿quién puede penetrar en la inmensa complicación de las mutaciones nutritivas?

De las materias excrementicias, unas representan productos de combustión total, como el ácido carbónico y el agua, y otras son combustiones incompletas, v. gr., el ácido úrico y la urea. Á las veces aparecen sustancias excrementicias como el ácido hipúrico, que resultan de la combinación de un principio no asimilable, el ácido benzoico, y un producto de desasimilación, la glucocola; y como la albúmina, antes de asimilarse, se desdobra en urea y en un cuerpo ternario no azoado, da lugar á pensar si todos los principios excrementicios contienen grupos atómicos de desasimilación y otros no asimilados.

Tiempos de la nutrición.—Desde 1878 ¹, Letamendi tiene publicada una teoría acerca de este tema. La evolución de las materias nutritivas, según el maestro, comprende seis tiempos sucesivos, que se ordenan de esta suerte: un primer tiempo de *preparación é ingreso* de las primeras materias en el organismo; otro *prehístico*, en el que se metabolizan las materias circulantes para constituir los principios de asimilación; otro *hístico*, ó de asimilación, en el que los grupos atómicos, venidos del exterior, se integran con los elementos organizados; otro *metahístico*, para la formación de principios excrementicios con lo desasimilado y lo que no se asimiló por falta de aptitud; y por fin, el último, ó de *excreción*, que abre las puertas del acervo á los desechos de la economía.

He aquí el esquema y la explicación de los momentos de la nutrición, todo ello copiado de la obra de *Patología general* de Letamendi, tomo 1, páginas 336 y siguientes:

1 Letamendi: *Plan de reforma de la Patología general y su clínica*. Madrid, 1878.

«Sea la Biomeria animal *B* representada en la figura 17. Valgan por elementos anatómicos los circulitos gris ó rayados como los que indican *g, g, g*, los cuales forman la masa orgánica de la Biomeria con su tegumento-límite externo *T* y su tegumento-límite-interno ó visceral *T'*; y sean, finalmente, simbolizadas las moléculas cósmicas por todos los circulitos, negros unos, blancos otros, según se indica en *b* y *n*.

» Desde luego tenemos que las mismas moléculas, extrañas en un momento dado á nuestra constitución orgánica, podrán estar con nosotros en relación *pericósmica*, *mesocósmica* ó *endocósmica*, según estén situadas en el ámbito periférico *P*, en el visceral *M* ó en el intersticial del organismo *E*.

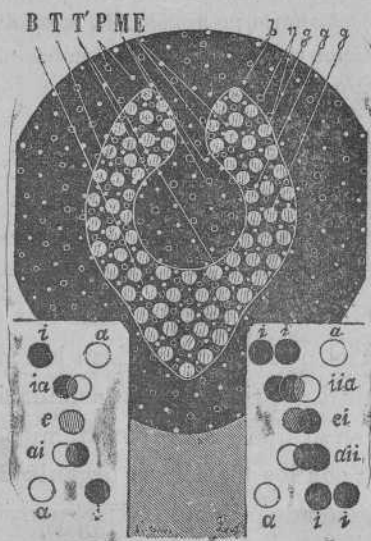


Figura 17.

Esquema de la nutrición, según Letamendi.

» Dado, por convención esquemática, que toda molécula blanca ó negra es cósmica, y toda molécula gris, ó estriada, es individual, supongamos que las dos moléculas cósmicas *a* y *i* penetran en el cuerpo vivo para asimilarse á él. En este caso, bien por dinamicidades ya de antemano propicias, bien por otras determinadas por la influencia del organismo, ocurre que las dos moléculas distintas *a* y *i* pasan á un estado de relación *ai* pre-

histico ó preorgánico, y de este modo al estado *e*, que constituye el *estado orgánico* ó de verdadera y definitiva asimilación; hasta que, agotada la dinamicidad fisiológica adquirida, descompónese la resultante *e* y se forman, de un modo inverso y sucesivo, la asociación incompleta *ia*, que constituye el estado *metahístico* ó transorgánico, y la disociación completa *i a*, que finaliza la desasimilación.

» Adviértase que al señalar los símbolos (*ia*), (*i a*) del proceso regresivo, trocando la posición que las letras guardaban en el asimilativo, tiene por objeto simbólico significar que los dos procesos parciales no son simplemente *opuestos*, sino también *diferentes*, que es lo que nos enseña la observación.

Funciones que comprende la nutrición. — Al primer tiempo de la nutrición se refiere el ingreso de los principios inmediatos de los alimentos, agua y oxígeno, y comprende:

1.º *La digestión*, que transforma los alimentos en sustancias absorbibles y utilizables en la nutrición.

2.º *La absorción*, por cuya virtud pasan á través de la membrana-límite las materias que tienen condiciones de absorbibles.

3.º *La respiración*, en cuanto proporciona el oxígeno necesario á la vida.

El segundo tiempo de la nutrición comprende multitud de operaciones que sufren los principios inmediatos suministrados por la digestión. Todas ellas tienen: por *substratum*, la intimidad del organismo (humores inclusive); por agentes, las actividades de los elementos anatómicos; y por forma de acción, las fermentaciones anaerobias. Comprende dos funciones:

A. *Formación de principios recrementicios* para la asimilación, á expensas de los principios inmediatos de los alimentos ó de las reservas nutritivas de los tejidos.

B. *Laboreo y almacenamiento de reservas nutritivas.*

El tercero y el cuarto tiempo se contraen, respectivamente, á la *asimilación* y *desasimilación*, para cuyo concepto no es preciso añadir nuevas razones.

El quinto tiempo de la nutrición es tan complejo como el ter-

cero, con el cual se imbrica, en el mismo *substratum*, y se complica, gracias á la economía que despliega la Naturaleza en todos sus actos. Sólo la inducción racional y una atenta observación de los fenómenos, pueden separar en los procesos nutritivos la parte que corresponde á la evolución progresiva, de la que hace relación á la descendente. Á este tiempo corresponden la formación de principios excrementicios y las *secreciones internas*.

El sexto tiempo se refiere á la *excreción* ó definitiva expulsión, al acervo, de los desechos de la nutrición. Á este tiempo corresponde también la respiración en cuanto comprende la exhalación del ácido carbónico; sin embargo, dada la solidaridad que existe entre la absorción del oxígeno y la exhalación carbónica, los fisiólogos han convenido estudiar en la respiración el cambio gaseoso con todas sus consecuencias. Forman, pues, en el sexto tiempo, las *secreciones externas*.

Desde que ingresan las materias en el organismo hasta que se excretan, están en continuo movimiento, y á este movimiento damos el nombre de *circulación*. Esta función es común á todos los tiempos de la nutrición.

Por último: en las funciones de nutrición compréndese otra que, en realidad, no se refiere al cambio atómico, sino á su resultado, la *calorificación*.

Estudiaremos sucesivamente todas las funciones de nutrición, siguiendo en lo posible el método natural.

Lección X.

Digestión (Su mecanismo).

Sumario: Digestión: su mecanismo. — Fermentos y su clasificación. — Caracteres y acción de los fermentos amorfos. — Origen. — Enumeración de los principales fermentos digestivos. — Teoría de la acción de los fermentos amorfos. — Fermentos vivos. — Teoría de su acción.

Digestión. — Es una función que tiene por objeto la transformación de los alimentos al doble fin de la absorción y asimilación ¹.

Las plantas y animales necesitan someter la mayor parte de las sustancias de que se alimentan, á un trabajo preparatorio que de antiguo se conoce con el adecuado nombre de digestión.

En otro tiempo se creía que las plantas se excusaban de los trabajos digestivos, pero estudios modernos han evidenciado que, además de la función de la clorófila, que puede considerarse como digestión del ácido carbónico, se verifica una verdadera transformación de los alimentos por fermentos amorfos que aprontan los vegetales, y por fermentos vivos que poseen los terrenos. Sólo el accidente de tener ó no cavidad digestiva separa en este punto los animales y vegetales: la digestión es interna en los primeros y externa ó adventicia en los últimos.

La cavidad digestiva tiene la forma de un tubo ciego ó con dos aberturas: cuando posee dos, una sirve para el ingreso de los alimentos (boca) y la otra para la expulsión de los residuos (ano). El tubo digestivo aparece muy complicado en el hombre, pero todas las complicaciones anatómicas son reducibles á dos formas de órganos, los músculos y sus anejos, y las glándulas.

1 Algunos de estos trabajos sobre la digestión vieron la luz pública en la *Gaceta Médica de Cádiz*. Años de 1893 y 94.

Mecanismo de la digestión. — Todos los fenómenos digestivos convienen en dos formas de acción: reacciones motoras de los músculos y sus anejos para moler, desgarrar, fraccionar, mezclar y trasegar los alimentos, y acciones químicas del orden general y del orden fermentativo para transformar íntima y molecularmente las sustancias alimenticias. Estas últimas son obra de los agentes químicos y fermentos amorfos que contienen los jugos segregados por las glándulas, y de los fermentos vivos ó microbios, que viven parásitos en la cavidad digestiva y contribuyen á la digestión normal.

La primera forma de acción, aunque de resultado mecánico, es vital por su origen, pues son los protoplasmas contráctiles (músculos) los que hacen mover el alimento. Lo mismo ocurre á la segunda, aunque nosotros podemos remedarla *in vitro*, sirviéndonos de los agentes químicos ó de los fermentos aislados; así pues, aunque en el curso de estas lecciones haga referencia á fenómenos mecánicos ó á acciones químicas, deben transportarse estas frases á su verdadero valor fisiológico.

Los actos mecánicos de la digestión cumplen diversos papeles, y todos ellos pueden reducirse á uno: facilitar la acción de los jugos digestivos sobre la masa alimenticia. Mediante mecanismos variables, en las distintas clases de animales, se aprehenden los alimentos y se introducen en la cavidad digestiva: por un procedimiento sencillo de desequilibrio de presión se les hace correr por toda la longitud del tubo, y se les mezcla con los líquidos digestivos, para hacer más eficaz la acción de éstos, y, en fin, por contracciones son lanzados al acervo los residuos de la digestión. En los animales superiores una armadura ósea provista de puntas, cortes ó muelas, producen una mayor división ó trituración del alimento; mas no por eso dejan de digerir los animales desprovistos naturalmente de dientes; lo único que pierden es tiempo, por que la digestión es más lenta; pero á la postre, una mayor eficacia en los jugos digestivos, ó en la contracción de los músculos cavitarios, suplen el papel de aquéllos.

Las acciones químicas ejercidas por los jugos digestivos en los alimentos, he dicho son de dos clases: unas que pudiéramos llamar químico-generales, pues son análogas á las que operamos en el laboratorio con los reactivos, y otras que denominaremos acciones inductivas. Tanto las unas como las otras merecen el nombre de químicas, en tanto alteran ó modifi-

can la composición de los alimentos, y son determinadas por ciertos organismos segregados por virtud del trabajo vivo (función) de las glándulas digestivas.

Las transformaciones inducidas por los jugos digestivos en los alimentos, ningún carácter esencial ofrecen que las distinga de los fenómenos ordinarios de la química orgánica. La mayor parte de ellas las logramos en nuestros laboratorios mediante la acción de los agentes físicos (calor, luz y electricidad) y de los agentes químicos (reactivos): así, por ejemplo, transformamos la albúmina en peptona por elevación de temperatura en la marmita de Papin, el almidón en glucosa por el calor y los ácidos, las grasas en jabones por los álcalis, disolvemos la fibrina en el ácido hidróclórico diluido, etc., etc. La verdadera especialidad de los fenómenos digestivos está en la rapidez con que se cumplen y en las condiciones ínfimas de temperatura y de acción química en que se realizan. En los ejemplos que citaré de digestiones artificiales es de rigor el uso de elevadas temperaturas, ó de enérgicos reactivos, y sólo de una manera lenta é incompleta obtenemos resultado. Es verdad que está en nuestra mano el producir digestiones artificiales, con temperaturas medias y sin reactivos enérgicos; pero para lograrlo hemos de acudir á los seres vivos y pedirles su cooperación, que tanto vale hacer digestiones con jugos obtenidos en las vivisecciones.

En suma, la especialidad del trabajo digestivo está en las acciones de los fermentos que los organismos excretan á virtud de su propia función; y tan cierto es esto, que aún no ha podido la Química fabricar un fermento.

Fermentos y su clasificación. — Con el nombre de fermentos se conocen unos microorganismos ó ciertas substancias segregadas por los micro y macro-organismos (animales y plantas) que tienen el poder de transformar molecularmente las substancias orgánicas, llamadas por esta razón fermentescibles. Al acto de la transformación se le da el nombre de fermentación, de *fervere*, hervir, tomado de las efervescencias que hace el mosto.

Los fermentos se clasifican en dos grupos: *amorfos* ó *solubles*, y *vivos*. Unos y otros se han estudiado prolijamente y con éxito en el siglo actual.

Carácteres y acción de los fermentos amorfos. — Re-

ciben este nombre por su incapacidad de cristalizar, y también el de solubles por serlo en el agua y en la glicerina. Los fermentos amorfos son unos cuerpos complejos, de composición aún no determinada, por la dificultad de aislarlos, y que se producen por los seres organizados. Su estado físico parece ser el sólido; pero se unen con tenacidad á los corpúsculos proteicos y á los precipitados pulverulentos.

La composición química de los fermentos no nos es mejor conocida. Ofrecen en general las reacciones de las sustancias proteicas, y como ellas, se precipitan por el alcohol, tanino, acetato y sub-acetato de plomo, por el bicloruro de mercurio, etc.; pero puede objetarse que están mezclados á los proteicos. Halliburton se inclina á concederles naturaleza proteica, en vista de que la digestión prolongada en el alcohol los altera molecularmente, como á los albuminoides.

Con los agentes físicos y químicos se comportan los fermentos de un modo especial. Las bajas temperaturas debilitan ó anulan su acción; las altas los queman y destruyen. El grado de calor más favorable para la acción de las diastasas varía en cada una de ellas, pero en general oscila entre 25° y 70° C. La luz debilita los fermentos.

El O oxida á la larga: pero inmediatamente no ejerce influencia sobre las diastasas, ni aunque actúe comprimido: este es un carácter diferencial entre los fermentos vivos y amorfos.

Los ácidos cuando están muy diluídos favorecen la acción de los fermentos solubles en general, y lo mismo sucede con los álcalis débiles; pero unos y otros anulan la fermentación cuando se usan concentrados. Hay fermentos que son activos sólo en un líquido ácido (pepsina), otros que lo son en un medio alcalino (tripsina) y otros que pueden obrar en un medio ácido ó alcalino con tal que sea poco enérgica la acidez y la alcalinidad. Á igualdad de concentración, los álcalis perjudican menos que los ácidos.

Las sales metálicas densas precipitan las sustancias proteicas disueltas en los líquidos fermentescibles y los fermentos siguen al precipitado. La sal común á pequeñas dosis favorece la acción de las diastasas, y en cantidades grandes la amengua ó impide. Citan los autores una sal, el bo-

rato de sosa, que tiene la virtud de impedir las fermentaciones por fermentos amorfos, sin perjudicar á las que se producen por los microbios, con lo cual vendría á ser como una especie de reactivo para aquéllas; pero mis experimentos no concuerdan con aquella opinión, al menos para las digestiones *in vitro*. He experimentado con los jugos gástrico y pancreático, y entrambos disuelven igualmente la fibrina, tanto en presencia como en ausencia del borato de sosa, y eso que he usado esta sal en disolución al 4 por 100.

Zimógeno

Origen de los fermentos amorfos. — Siempre proceden de los seres vivos que los producen por secreción. Parece que en los organismos superiores — ignoramos lo que ocurrirá en los inferiores — las glándulas no producen los fermentos de una manera directa, sino que se encuentran en las células glandulares en un estado anterior de *zimógeno* y luego se transforman en fermentos. El zimógeno ha sido demostrado por Hiedenhain en las células del páncreas y en las salivares.

División de los fermentos amorfos. — Por su acción pueden dividirse, y desde luego los autores los dividen, en los siguientes grupos:

1.º *Amilolíticos* (de *αμυλον*, almidón, y *λύσις*, disolución) que transforman los alimentos amiláceos — fécula, glucógeno y dextrina — en glucosa. Estos fermentos, suponiendo que sean varios, reciben el nombre de *amilosas* ó *ptialinas*, y se encuentran en la saliva, en el jugo pancreático y quizá en el hígado. Actúan por hidratación.

2.º *Inversivos*. Llamados así, porque cambian el azúcar de caña — que inclina el rayo de luz polarizada hacia la derecha — en una mezcla de dextrosa (glucosa) y levulosa, en la que predomina el poder *levo-rotatorio* de la última. El representante digestivo de estos fermentos, denominado *sacarosa*, se encuentra en el jugo gástrico, según he podido comprobar.

3.º *Proteolíticos* (de *πρωτεϊον*, primado, raíz que sirvió á Mul-

der para dar nombre á las sustancias albuminoideas por crearlas primeras en la organización, y λύσις, disolución). Actúan por hidratación y transforman las sustancias proteicas ó albuminoideas en peptonas; algunos llevan más allá la transformación. Á este grupo corresponden la *pepsina*, que se encuentra en el jugo gástrico; la *caseosa*, que según Duclaux la segregan ciertos microbios y sirve para disolver la leche coagulada, y la *tripsina* ó *pancreatina*, que se halla en el jugo pancreático.

4.º *Esteatolíticos* (de Στεαρ, ατος, sebo, grasa, y λύσις, disolución) que saponifican las grasas. Un fermento de esta clase existe en el jugo pancreático.

5.º *Coagulantes*, que tienen la virtud de coagular ciertos líquidos orgánicos, como la leche y la sangre. No se encuentra en el hombre más que un fermento digestivo de esta clase, el *cuaajo* (*pérsure*, en francés; *lab*, en alemán); existe en el estómago y sirve para coagular la leche sin ulterior modificación. El fermento coagulante de la sangre lo estudiaremos en la circulación.

Otra sexta clase de fermentos, llamados *emulsionantes*, que convierten ciertos glucósidos como la amigdalina en glucosa, carecen de interés para nuestro objeto, porque no tienen representante en la digestión del hombre.

Teoría de la acción de los fermentos amorfos. — El principal carácter de los fermentos amorfos consiste en que, sin modificarse ellos aparentemente, inducen profundas modificaciones en las sustancias fermentescibles. Teóricamente no tiene límite la acción de los fermentos, pero prácticamente la fermentación es influida por la temperatura, por la concentración del soluto, por la presencia de los cuerpos químicos (álcalis, ácidos y sales), y, sobre todo, por la permanencia en el líquido de un exceso de sustancia transformada.

Berzelius explicaba la acción de los fermentos por el fenómeno químico que él llamaba catalisis, y Liebig amplió la teoría exponiendo que los fermentos influían sobre las sustancias fer-

mentescibles por una especie de ondulación ó vibración. Esta teoría que con el nombre de mecánica se encuentra en la mayor parte de los libros, ha recibido alcances inesperados por nuestro Letamendi. Según este sabio ¹, los fermentos actúan por *inducción* (del latín, *inducere, ctum*, mover ó persuadir á otro á un determinado acto) y la acción inductiva abarca de extremo á extremo la total escala de los fenómenos naturales, como lo demuestran los siguientes ejemplos: acción eléctrica del imán sobre una bovina; influencia oxidante del platino sobre el alcohol; la del ácido oxálico sobre el oxámido, fenómenos instintivos de amilanaamiento y azoramiento; fenómenos racionales de influencia moral.

Y por cierto que no deja de ser curiosa la coincidencia de ocurrírsele á Halliburton ² que supongo no ha leído la obra de Letamendi, un ejemplo de inducción moral para explicar la acción de los fermentos. He aquí traducido el ejemplo: «Esto (habla »de las vibraciones en la teoría de Liebig) es comparable en »absoluto á lo que diariamente ocurre en sociedad. Un indivi- »duo irritable y de genio ligero entra en un salón lleno de »gente apacible, y por influjo de su presencia, cambia en mal »todo el carácter de la asamblea. La analogía con el caso del »fermento es completa, por el hecho de que el autor del cambio »no experimenta en si mismo alteración alguna y sigue capaci- »tado para ejercer la misma acción sobre nuevas masas.»

Volviendo ahora á la teoría inductiva de Letamendi, he aquí en resumen cómo la desenvuelve su autor. Todo cuerpo, sea del orden que fuere, ofrece: 1.º, una cantidad de *éter específico* que es el que le sirve para realizar en su *interior* sus propiedades específicas (todas menos la inercia y la impenetrabilidad); 2.º, una atmósfera de *éter circundante*, que es el que le sirve para realizar al *exterior* su influencia específica sobre los demás

¹ *Patología general*, tomo II, pág. 472 y siguientes.

² *Chemical Physiology*, pág. 155.

cuerpos vecinos; y 3.º, el *éter limitante* que marca la superficie límite del cuerpo mismo. Ahora bien: si el *éter inscrito* realiza la actividad y la forma específica de un cuerpo, su *éter circundante* es la condición esencial de su influencia sobre los demás cuerpos; y puesto que debajo de la atmósfera terrestre no existe el vacío corpóreo, quiere decir que el *éter circundante* de un cuerpo *A* no es realmente propio de él, sino una parte del *éter inscrito* de los cuerpos *B*, *C* y *D*, que le son inmediatos; y á su vez, una parte del *éter inscrito* del cuerpo *A* funciona como *éter circundante* de los mismos *B*, *C* y *D*; de donde resulta que una cosa puede obrar sobre otra sin más que estar presente ó junto á ella, toda vez que el hecho de la proximidad implica necesariamente el de la mutua compenetración de las influencias activas, positivas y trascendentes de los cuerpos.

Dada la reciprocidad causal, no cabe en lo posible que un cuerpo influya sobre otro sin que á la vez reciba la influencia de él; y por tanto, se explica la acción de los fermentos sobre las sustancias fermentescibles y su aparente indiferencia, suponiendo que la acción de los primeros sobre las segundas es mucho más poderosa que la que éstas ejercen sobre aquéllos. En efecto: por cuanto la vibración transmitida por el *éter inscrito* del agente inductor á su *éter circundante* (*éter inscrito* del cuerpo inducido), se impone, como fuerza mayor, á las vibraciones que á su vez recibe de este *éter circundante*, resulta: 1.º, una modificación en el movimiento específico del agente inductivo igual á la resistencia que oponen las vibraciones distintas del cuerpo inducido, pero que por vencida (la resistencia) no arroja modificación aparente del inductor; 2.º, una variación en el sistema molecular del cuerpo inducido, igual á la resultante diferencial entre las energías de ambos cuerpos; *mas como la del inducido es vencida por la del inductor que se impone*, aparece sufriendo la acción inductiva el cuerpo influenciado. Además, nosotros no apreciamos la modificación sino en cuanto se nos

hace aparente por intensa, y nos da un resultado útil; de aquí que en la acción inductiva nos fijemos en la modificación del cuerpo, sin notar nada en el agente: esto es lo que traduce con fidelidad aquel adagio castellano: «que dé el cántaro á la piedra, ó la piedra al cántaro, mal para el cántaro.»

Fermentos vivos. — Los microorganismos que vamos á estudiar como fermentos son vegetales inferiores sin clorófila, que unos autores (Van Tieghem) clasifican entre las algas, otros (Naegeli) entre los hongos, y otros (Sachs) resuelven la disparidad reuniendo en un solo grupo las algas y los hongos.

Muchos de estos microorganismos son causa de enfermedades; pero otros viven parásitos en las cavidades digestivas, desde la boca hasta el recto, y contribuyen á la digestión normal. Vignal ha encontrado, sólo en la boca, veintitantas especies distintas de parásitos.

Los microbios digestivos influyen sobre los alimentos por sí y por los fermentos amorfos que segregan. Son los únicos responsables de las fermentaciones pútridas, que tienen lugar en el intestino, y poseen propiedades hidratantes, oxidantes y transformadoras de todas clases. Como los fermentos amorfos, los microbios son capaces de sacarificar el almidón, invertir la levulosa, peptonizar la albúmina y desdoblar las grasas en ácidos y glicerina.

Halliburton¹ clasifica á los microbios, por su acción, en cuatro grupos:

- 1.º Producen reacciones químicas ordinarias; ejemplo: el *bacterium aceti*, el *micrococcus ureæ*.
- 2.º Determinan la putrefacción de las sustancias orgánicas, v. gr., el *bacterium termo* y el *subtilis*.
- 3.º Tienen la notable propiedad de producir materias colorantes; ejemplo: el *micrococcus prodigiosus*.
- 4.º *Microbios patógenos*, que producen enfermedades en los seres vivos;

1 Halliburton, obra citada, pág. 164.

ejemplos: el *bacillus* de Koch para la tuberculosis, y el *gonococcus* de Neisser para la blenorragia.

Teoría de la acción de los fermentos vivos.—Desde los memorables estudios de Pasteur sobre las fermentaciones, no cabe duda de que los microbios descomponen las sustancias fermentescibles por sus propias funciones vitales. Un microbio vive y se multiplica en el cuerpo de un individuo ó en el seno de un liquido orgánico, é induce en uno y otro caso dos clases de perturbaciones: 1.^a, por efecto de su nutrición; y 2.^a, por obra de sus excreciones. En el primer supuesto, los microorganismos descomponen las sustancias orgánicas para obtener el oxígeno y los materiales que necesitan para su nutrición; y en el segundo, las alteran y las modifican por adición de su excreta.

Á esta acción se oponen todos los agentes físicos (calor) y químicos (antisépticos), que impiden la vida de los microbios. Los antisépticos más en uso en el laboratorio son: el bicloruro de mercurio, en disolución al 1, 2 ó 3 por 1.000; el ácido fénico, del 3 al 5 por 100; el ácido bórico, á saturación; y el fluoruro de sodio, al 3 por 100.

Los microbios, que son fatales para los organismos, por cuanto producen enfermedades, son mirados, en otro concepto, verdaderas providencias para los mismos seres. Ellos, no sólo nos ayudan en el trabajo de la digestión, sino que se encargan de corromper las sustancias orgánicas muertas, para que de sus restos puedan nutrirse las plantas. Si no fuera por esta función de los microorganismos, la materia de los cadáveres animales y vegetales quedaría amortizada é incapaz de volver á la circulación biológica. Bien es verdad que los macroorganismos se conciertan también entre sí en provecho de la vida de todos, pues las materias excretadas por los animales sirven de alimento á las plantas, y éstas las organizan de nuevo para su ingreso en la economía animal.

Lección XI.

Alimentos.

Sumario: Alimentos: Clasificación. — Principios inmediatos y su clasificación. — Alcoholes y aldehídos. — Hidratos de carbono. — División de los hidratos de carbono. — *Amilosas*. — Almidén. — Dextrina. — Glucógeno. — Celulosa. — *Sacaras*. — Azúcar de caña. — Lactosa. — Maltosa. — *Glucosas*: Caracteres generales. — Azúcar de uva. — Fermentaciones de la glucosa. — Reacciones. — Dosificación. — Levulosa.

Alimentos. — Nada sería más fácil que definir los alimentos si se conociese su evolución y destino en el organismo; pero como tales extremos se conocen á medias, la definición exacta resulta imposible. Muchas se han propuesto, y esta misma variedad indica que los sabios no han podido ponerse de acuerdo acerca de lo que debe entenderse por alimento.

Á mi juicio, deben incluirse entre los alimentos el oxígeno y las sales minerales, pues estos cuerpos son indispensables á la nutrición. Además, la transformación digestiva no puede servir de criterio para definir el alimento, y en cambio son inseparables la idea de ingreso y la finalidad fisiológica de este ingreso; por tanto, no á título de definición perfecta, sino para entendernos, propongo lo siguiente: Alimento es toda substancia que en estado natural, ó previa transformación, puede absorberse y utilizarse en la nutrición normal, ora porque se asimile en todo ó en parte, ora porque se metabolice con provecho de la economía.

Bien conozco que mi propuesta definición es larga y descriptiva; pero no se me ocurre otra mejor, dado que ignoro el género próximo (naturaleza

del alimento) y su última diferencia con los medicamentos y venenos, que también se absorben y funcionan con los tejidos. Ya Cl. Bernard ¹ declaró imposible la distinción teórica entre alimento y veneno.

Clasificación de los alimentos. — Mal debe clasificarse lo que no ha podido definirse con precisión, y esto, en efecto, sucede. Clasificación fisiológica con autoridad bastante para imponer un acuerdo, no existe, y para llenar el vacío hay que acudir á clasificaciones naturalistas ó químicas.

Los alimentos, tal y como los ofrece la Naturaleza, son muy complejos, tanto que, por lo general, son tejidos y órganos de animales y vegetales. En ellos juegan los mismos elementos químicos que en la estructura del hombre, y por esta razón hasta las mismas clasificaciones químicas se resienten de falta de lógica, porque un alimento encierra á lo mejor compuestos de todos los órdenes. La carne, v. gr., contiene sustancias proteicas, hidratos de carbono (glucógeno), grasas, materias extractivas y sales minerales. Así, pues, la clasificación química no puede comprender á los alimentos complejos, á menos que los incluya por el exceso y no por la presencia de tal ó cual grupo atómico.

La antigua clasificación fisiológica de Liebig, que dividía los alimentos en plásticos y respiratorios, según que se aplicasen á la asimilación ó á las combustiones, no puede sostenerse en el día, porque la mayor parte de los alimentos satisfacen entrambas condiciones.

Otra clasificación fisiológica es la que divide los alimentos en completos é incompletos: los primeros se bastan para sustentar la vida, los segundos no. Como alimentos completos no hay más que los huevos, la leche y el pan, resultan desproporcionados los dos miembros de la división.

También se han clasificado los alimentos, atendiendo á su finalidad, en *dinamógenos* (que dan fuerza), *termógenos* (que producen calor) y de *ahorro*; pero semejante criterio no es más admisible que el de la clasificación de Liebig.

El ilustre Sáenz Díez ² hizo una clasificación naturalista de los alimen-

1 Cl. Bernard, *Substances toxiques et medicamenteuses*, 1857, pág. 38.

2 Saenz Díez. Memoria premiada por la Academia de Ciencias. Madrid, 1879.

tos, fundada en su procedencia. El tesoro de datos acumulados en la Memoria de este maestro, paga el mucho trabajo que sin duda le costó escribirla, y hoy, al cabo de diez y siete años de publicada, puede estudiársela con fruto.

De las clasificaciones químicas no hablo en esta sazón, porque más que á los alimentos se refieren á los principios inmediatos.

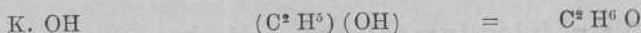
Principios inmediatos. — Muchos alimentos compuestos constituyen grupos atómicos bien definidos, v. gr., el almidón, el azúcar y la grasa: otros más complejos, por ejemplo el pan, la leche, etc., pueden descomponerse en moléculas también definidas. Estos grupos atómicos ó moléculas complejas, definidas ó definibles por la química, reciben el nombre de principios inmediatos.

Los principios inmediatos proceden de los animales y vegetales, y se encuentran en diversas proporciones en los alimentos que nos prestan ambos reinos. De ellos puede hacerse la siguiente clasificación química, siguiendo las ideas de Halliburton y de otros autores:

Principios inmediatos.....	{	No azoados.....	{	Alcoholes.
				Hidratos de carbono.
				Ácidos orgánicos.
				Grasas.
	{	Azoados ó proteicos.....	{	Solubles....
				Albúminas y sus derivados.
				Globulinas.
				Proteosas.
				Peptonas.
				Fibrina.
			{	Coagulados é insolubles.
				Miosina.
				Caseína.
				Antialbúmina.

Alcoholes. — Con este nombre se designan á la combinación del radical oxhídrido (OH) con un radical alcohólico, y pueden

definirse como hidratos de los óxidos orgánicos. Su constitución es análoga á la de los hidratos de los óxidos metálicos que estudia la química inorgánica, sólo que el oxhídrido ¹, en vez de unirse á un metal (radical siempre), se une á un radical compuesto. Así lo muestra el siguiente ejemplo:



Hidrato de óxido de potasio. Hidrato de óxido de etilo. = Alcohol etílico.

Mg < OH
OH
Hidrato de magnesia *(C2H5) < OH* *Etílico*
basico

Los alcoholes son unos cuerpos compuestos de oxígeno,

hidrógeno y carbono, poco estables, y pueden unirse á los ácidos para constituir éteres. Esta combinación se verifica mediante deshidratación, y podemos concebirla como la sustitución de uno ó más átomos de H del alcohol, por otras tantas moléculas de un radical ácido. Por el contrario, los éteres en contacto prolongado con el agua fijan de nuevo el H y reconstituyen el alcohol y el ácido que les dió origen.

Los alcoholes se clasifican por el número de dinamicidades en monoatómicos, diatómicos, triatómicos, etc., según que la apatencia del radical que los constituya sea simple, doble, triple, etc., y, por tanto, se satisfaga con una, dos, tres, etc., moléculas de oxhídrido, ó de radical ácido cuando constituyen éteres.

Los alcoholes monoatómicos constituyen una serie que más tarde estudiaremos al tratar de los ácidos orgánicos. Tienen por fórmula genérica $(C^n H^{2n+1}) (OH)$.

En este grupo estudiaremos el alcohol etílico ó alcohol ordinario.

Los alcoholes diatómicos tienen por fórmula $(C^n H^{2n})'' 2(OH)$. Tipo el *etil-glicol*.

El alcohol triatómico ó *glicerina* tiene por fórmula $(C^3 H^5)''' 3(OH)$.

El alcohol tetratómico ó *eritrita* tiene por fórmula $(C^4 H^6)'''' 4(OH)$.

1 El oxhídrido es una molécula teórica y monoatómica que resulta de la pérdida de un átomo de H del agua: agua, $H-O-H$; suprimiendo uno de H, resulta $-O-H$, el oxhídrido.

Los alcoholes pentatómicos tienen por fórmula $(C^5 H^9)^V 5 (OH)$ y constituyen las glucosas, que estudiaremos en seguida con los hidratos de carbono.

Los alcoholes exatómicos tienen por fórmula $(C^6 H^8)^{VI} 6 (OH)$ y también corresponde su estudio á los hidratos de carbono. Tipo de este grupo, la *manita*.

Aldehidos. — Resultan de la pérdida de dos átomos de H de los alcoholes, y por tanto se les considera como primeros productos de la oxidación de dichos cuerpos.

Alcohol etílico. — Se conoce vulgarmente con los nombres de alcohol ordinario, espíritu de vino, y procede de la fermentación alcohólica de los jugos orgánicos que contienen ó pueden contener glucosa.

Es un líquido incoloro, de olor agradable, sabor cáustico y muy ávido del agua; su densidad es menor que la de ésta y hierve á $78^{\circ},4$ C. Es un disolvente de multitud de cuerpos, muy oxidable, disfunde por las membranas orgánicas, se absorbe pronto y bien por el organismo, y tiene una acción fisiológica muy compleja.

Las dificultades que anuncié en la definición y clasificación de los alimentos aumentan en esta ocasión, porque el alcohol, que constituye la base de los vinos, cervezas y licores, puede considerarse como alimento, medicamento y veneno.

Como veneno, y veneno terrible, se le estudia modernamente, juntamente con sus congéneres, los demás alcoholes monoatómicos, y he aquí un cuadro comparativo de sus poderes tóxicos 1:

1 Dujardin, Beaumetz y Audigé: *Recherches experimentales sur les alcools par fermentation*. Paris, 1875. Citado en el *Dictionnaire de Physiologie* de Richet, pág. 246, tomo I.

ALCOHOLES	DOSIS TÓXICA EN EL PERRO, POR KILOGRAMO DE PESO DEL CUERPO POR LA VÍA HIPODÉRMICA			
	Sin diluir. Gramos.	Dosis media.	Diluido.	Dosis media.
Alcohol etílico.....	6'18 á 8'00	7'09	6'00 á 7'20	6'52
» propílico....	4'08 á 4'57	4'32	3'04 á 3'64	3'28
» butílico.....	2'00 á 2'30	2'15	1'85 á 1'99	1'90
» amílico.....	1'83 á 2'23	2'02	1'30 á 1'71	1'55
	POR EL ESTÓMAGO			
	Cantidades.	Dosis medias.	Dosis tóxica tomando el alcohol etílico por unidad.	
Alcohol etílico.....	5'50 á 6'50	6'00	1	
» propílico....	3'00 á 3'27	3'13	$\frac{1}{2}$	
» butílico.....	1'72 á 1'76	1'74	$\frac{1}{3}$	
» amílico.....	1'40 á 1'55	1'48	$\frac{1}{4}$	

L. 13 (**Hidratos de carbono.** — Forman la base de los alimentos amiláceos y azucarados, y todos terminan por hidratación en glucosa ó azúcar de uva. Se producen por los organismos de entrambos reinos, y especialmente por el vegetal, y tienen por fórmula genérica: carbono, seis ó un múltiplo de seis, y el hidrógeno y el oxígeno en las proporciones convenientes para formar agua. Teóricamente pueden concebirse como el resultado de la síntesis del carbono con el agua; pero esta teoría no resulta comprobada en la práctica, ni por lo que hace á su formación en los vegetales ni por la función del agua en la molécula. *seguna en la experiencia*

Desde luego, el agua de composición en los hidratos de carbono tiene un mínimo en el almidón, que puede considerarse como un anhídrido y es incapaz de perderla sin descomponerse, y un máximo en la glucosa, que se considera como un hidrato, por cuanto puede perder una molécula de agua sin cambiar de naturaleza.

Entre el almidón (anhidrido) y la glucosa (hidrato) existe una tercera clase á medio hidratar, y que por lo mismo puede considerarse como síntesis de un hidrato con un anhídrido; á esta clase pertenece el azúcar de caña. En su virtud, los hidratos de carbono se clasifican, ⁺ por su grado de hidratación, en tres grupos: 1.º, *amilosas ó anhídridos*, que tienen por tipo el almidón; 2.º, *sacarosas ó azúcares, semi-hidratos*, cuyo tipo es el azúcar de caña; y 3.º, *glucosas ó hidratos*, como el azúcar de uva.

PRIMER GRUPO.—*Amilosas*.—Tienen por fórmula $n(C^6H^{10}O^5)$, y derivan de los alcoholes exatómicos, cuyo tipo es la manita. En este grupo se cuentan numerosas sustancias que proceden en su mayoría del reino vegetal, si bien algunas se encuentran en el animal; pertenecen exclusivamente á los vegetales el almidón, la inulina, los mucilagos y las gomas; á los animales el glucógeno, y se extienden á entrambos reinos la dextrina y la celulosa. Esta última sustancia se encuentra excepcionalmente en los animales, con el nombre de *tunicina*, y abunda mucho en las plantas.

Por la acción de los fermentos amorfos, por el calor y por los ácidos diluïdos, todas estas sustancias se hidratan y producen glucosa, y luego esta glucosa puede sufrir la fermentación alcohólica, láctica y butírica por obra de los fermentos vivos. Estudiaremos los cuerpos más interesantes de este grupo.

A. ALMIDÓN.—Es sólido, de color blanco, inodoro, insípido, dextrógiro, insoluble en el agua fría, alcohol y éter. En el agua caliente, el almidón se hincha, se vuelve traslúcido y se convierte en engrudo: hirviendo el engrudo, se disuelve en parte. Por la acción del calor, en presencia del agua, se convierte en dextrina y glucosa hacia los 160° C., y en seco á los 200° se tuesta y se transforma también en dextrina (pirodextrina) y glucosa. La misma acción hidratante tienen los ácidos minerales diluïdos y los fermentos amorfos amilolíticos.

El reactivo más sensible para el almidón (1 por 1.000.000) es el iodo, que le colora en azul, constituyéndose un ioduro de almidón. La combinación se deshace y el color azul se desvanece con el calor.

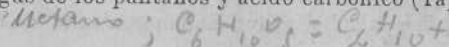
1.º Los más complejos
2.º Grupo intermedio entre el ant. y el que sigue
3.º Los más sencillos y los únicos asimilables.

El almidón se ofrece bajo la forma de corpúsculos ó granos que se forman de una cubierta de celulosa y un contenido, el almidón propiamente ó granulosa. Brücke ha distinguido una variedad de almidón que llama eritrogranulosa de (ερυθρον, rojo) porque da color rojo con el iodo en vez de darlo azul: este cuerpo es más resistente á la hidratación que la granulosa.

B. DEXTRINA. — Es un cuerpo sólido, dextrógiro soluble en el agua é insoluble en el alcohol y éter. Según Brücke, existen dos variedades: la eritrodextrina y la acrodextrina (de ακρος, extremo ó término); la primera da color rojo cuando se la trata con el iodo y se transforma fácilmente en glucosa; la segunda no se colora con el iodo y ofrece dificultades á la hidratación.

C. GLUCÓGENO. — Es una substancia que se encuentra como reserva nutritiva en los tejidos animales (hígado, músculos, glóbulos blancos, etc.), y viene á representar lo que el almidón en la economía de las plantas. Es sólido, sin olor ni sabor, dextrógiro, soluble imperfectamente en el agua (sus soluciones son turbias) é insoluble en el alcohol y en el éter. Con el iodo da color rojo, que desaparece por el calor y reaparece por enfriamiento. Por la ebullición, los ácidos diluidos y los fermentos amilolíticos, se hidrata y se convierte en glucosa.

D. CELULOSA. — Constituye la cubierta de las células y las fibras leñosas de los vegetales. Es sólida, insoluble en el agua, en el alcohol y en el éter, soluble en la disolución amoniacal de óxido cúprico (Schweitzer), no atacable por los fermentos amorfos ni coloreable por el iodo. Por la acción del ácido sulfúrico concentrado se convierte en dextrina y en una substancia insoluble, que produce color azul cuando se la trata con el iodo. En el tubo digestivo, la celulosa es atacada por los fermentos vivos y se transforma en una especie de glucosa, que en seguida se descompone en volúmenes iguales de gas de los pantanos y ácido carbónico (Tappeiner).



SEGUNDO GRUPO.—*Sacarosas.*—Tienen por fórmula $C^{12}H^{22}O^{11}$ y se las puede considerar como glucosas condensadas ó bien como primer grado de hidratación de las amilosas. Tres cuerpos de gran importancia en la alimentación debemos estudiar en este grupo: el azúcar de caña, el azúcar de leche ó lactosa, y el azúcar de la digestión ó maltosa. Los tres son sólidos, cristalizables, dextrógiros, de sabor dulce, solubles en el agua y transformables por hidratación en glucosa.

Bacillus amylobacter por el epitelio intestinal, de
 Jean Bunge

α. *Azúcar de caña*. — No sólo proviene de la caña, sino de multitud de plantas, entre las cuales deben citarse por más conocidas, la remolacha, el melón y la zanahoria. El azúcar cristaliza en prismas romboidales oblicuos y no reduce el licor de Fehling si previamente no se hidrata hirviéndolo con los ácidos diluïdos. Tampoco se aprovecha en la nutrición ni es apta para sufrir la fermentación alcohólica si antes no se transforma en glucosa: los ácidos diluïdos, ya citados, y los fermentos amorfos, son los agentes de esta transformación.

Cien unidades en peso, de azúcar, corresponden á 95 de glucosa. Se dosifica el azúcar, transformándole en glucosa, por ebullición con un ácido diluido, y procediendo como luego diremos al tratar de aquélla.

β. *Lactosa*. — El azúcar de leche establece el tránsito, en punto á reacciones, entre las glucosas y las sacarosas: reduce como aquéllas, aunque débilmente, el licor cupropotásico y es incapaz, como las últimas, de sufrir la fermentación alcohólica si antes no se hidrata. El producto de su hidratación es una glucosa especial llamada galactosa. Cristaliza la lactosa en prismas rectos del sistema rómbico.

Por la acción de los ácidos diluïdos y el calor, y por la de los fermentos amorfos, se transforma en galactosa y puede experimentar fácilmente en el tubo digestivo la fermentación láctica por obra de un fermento vivo.

El azúcar de leche es una de las más interesantes materias de nutrición, porque constituye la base alcohólica de un líquido orgánico, la leche, que es un alimento excelente en todas las edades, y el exclusivo para los mamíferos en el período que sigue al nacimiento.

γ. *Maltosa*. — El almidón en el tubo digestivo, bajo la acción de la ptialina, se transforma en dextrina y en azúcar: éste azúcar es la maltosa, que se aproxima aún más que el anterior á las glucosas, y como tal se ha considerado en otro tiempo.

Las disoluciones de maltosa reducen el licor de Fehling, aunque con dos tercios menos de energía que la glucosa. Puede sufrir la maltosa las fermentaciones láctica y alcohólica por acción de los fermentos vivos, y convertirse en glucosa por la del fermento intestinal. Las tres clases de fermentaciones se verifican en el intestino.

TERCER GRUPO. — *Glucosas*. — Tienen por fórmula $C^6 H^{12} O^6$ y pueden considerarse (como alcoholes de cinco dinamicidades ó) como aldehídos (primarios) de los alcoholes exatómicos. Todos los

Recuerden que los aldehídos son el primer grado de oxidación de los alcoholes; el siguiente lo constituye los ácidos

cuerpos pertenecientes á este grupo se distinguen por los tres siguientes caracteres:

- 1.º Reducen las sales de cobre en disolución alcalina.
- 2.º Pueden sufrir la fermentación alcohólica.
- 3.º Todas, á excepción de la levulosa, desvían hacia la derecha la luz polarizada. Por este carácter se las denomina también dextrosas.

Las glucosas son solubles en el agua, cristalizables y muy ávidas de oxígeno, por el cual se oxidan completamente, produciendo agua y ácido carbónico.

Las glucosas son el término de la digestión de todos los hidratos de carbono, y el punto de partida de multitud de fermentaciones microbianas (láctica, alcohólica, butírica y glucónica).

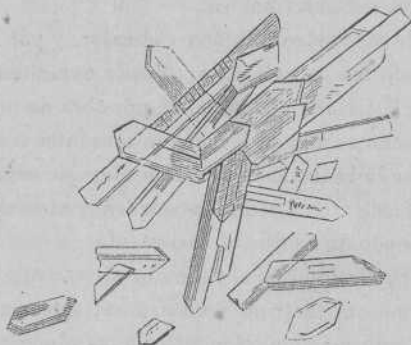


Figura 18.

Cristales de glucosa¹.

Las glucosas son muy aptas, por su fácil oxidación, para las metamorfosis nutritivas, se absorben bien, no obstante disfundir mal, y constituyen uno de los factores más importantes del cambio atómico.

En este grupo estudiaremos el azúcar de uva y la levulosa.

1 Glucosa de la diabetes (Béale). Cliché del Dr. García Solá.

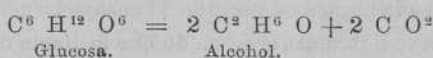
en su efecto nutritivo de las

a. *Azúcar de uva*. — Llamada también dextrosa; existe mezclada á la levulosa en la miel y en la mayor parte de los frutos maduros. El nombre indica su presencia en el mosto. Cristaliza en láminas romboédricas, es dextrógira y en disolución alcalina, reduce las sales de cobre, antimonio, bismuto y mercurio.

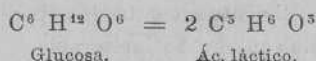
La glucosa experimenta cuatro clases de fermentaciones:

1.^a La *alcohólica* por varias especies de hongos llamados genéricamente *levaduras*, entre los cuales se cuentan el *saccharomyces cerevisie* y el *ellipsoideus*; en esta fermentación se producen el alcohol, el ácido carbónico y otros cuerpos.

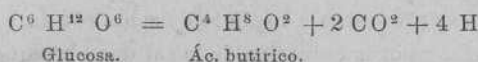
He aquí la reacción teórica:



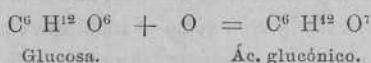
2.^a La *láctica* por el *bacterium lactis* y otros, con producción de ácido láctico.



3.^a La *butírica*, provocada por el *bacillus amylobacter* y el *butylicus*, con producción de ácido butírico, ácido carbónico é hidrógeno.



4.^a La *glucónica*, producida por el *micrococcus oblongus*, con producción de ácido glucónico, previa oxidación.



De estas cuatro fermentaciones, las tres primeras pueden verificarse en el tubo digestivo.

Reacciones de la glucosa. — Como esta substancia se contiene normalmente en los productos digestivos, en el quilo, sangre é hígado, y accidental ó patológicamente en la orina y otros tejidos, conviene á todo médico conocer sus principales reacciones para descubrirla fácilmente. La mayoría de estas reacciones se funda en la propiedad, que hemos dicho tiene la glucosa, de reducir las sales metálicas en presencia de los álcalis.

Reacción de Moore. — La antepongo á todas, por ser una de las más fieles y la más sencilla de practicar. El reactivo es una disolución de potasa cáustica que se mezcla al líquido sospechoso de contener glucosa; si la

contiene, la mezcla produce cuando se hierve un color amarillo, tanto más intenso cuanto mayor sea la cantidad de glucosa. El color amarillo se torna caramelo cuando hay bastante glucosa, y se obscurece aún más por la exposición al aire.

Si la cantidad de glucosa es muy considerable, el cambio de color es tan aparente, que no hay lugar á duda; pero cuando es muy pequeña, caben apreciaciones de si cambió ó no el color de la disolución. Para alejar la duda, he aquí el modo de proceder; y para que el ejemplo sea práctico, figurémonos que se trata de averiguar si una orina contiene ó no glucosa. Tómense ocho ó diez centímetros cúbicos de orina hervida y filtrada, añádase un tercio de su volumen de una disolución concentrada de potasa cáustica y deposítase la mezcla en un tubo de ensayo largo: cogido el tubo por su base, inclínese ligeramente de modo que la llama de una lámpara de alcohol le caliente por el nivel del líquido, y manténgase en esta posición hasta que empiece á hervir. Luego, no hay más que mirar el líquido por transparencia y se ve el contraste entre la superficie de un color amarillo y el fondo, que se ha conservado inalterable.

Reacción de Trommer. — Si á la mezcla de un líquido glucósico con la potasa se añade en caliente unas gotas de disolución de sulfato de cobre, esta sal se reduce y el óxido cuproso de color rojo, ó el hidrato del óxido, de color amarillo, se precipitan. El sulfato de cobre con la potasa dan un color azul hermoso, y por la reducción de la sal de cobre que ocasiona la glucosa, el azul se cambia en verde, luego en amarillo, y por fin en rojo.

Reacción de Böttger. — Disuélvase en el líquido que contiene glucosa una pequeña cantidad de bicarbonato de sosa; añádase subnitrato de bismuto finamente pulverizado, y como éste es insoluble, mézclesele por agitación. Calentando la mezcla, se deposita un precipitado negro ó gris obscuro de bismuto metálico. He aquí el modo de preparar el reactivo, según Halliburton. Tómense cinco gramos de subnitrato de bismuto, otra cantidad igual de ácido tártrico, y échense 30 c. c. de agua destilada: luego añádese lentamente una solución concentrada de sosa cáustica, hasta obtener del todo un líquido claro. Unas gotas de este reactivo añadidas al líquido que se ensaya, bastan para descubrir la glucosa cuando se hierve la mezcla.

Dosificación de la glucosa. — En muchos casos no se satisface el análisis con averiguar que hay glucosa en un líquido, sino que es preciso dosificarla. Al efecto se han propuesto tres métodos: 1.º, el de la fermentación, que consiste en tratarla con la levadura de cerveza para producir la fer-

Líquido de Böttger. Sulfato Cuproso, disuelto en la potasa.

mentación alcohólica y obtener la cifra de glucosa en relación al ácido carbónico que se desprende (una parte de CO_2 , igual á 2,045 de glucosa); 2.º, por el sacarímetro, para cuya descripción y teoría remito el lector á las obras de Física; y 3.º, por el licor de Fehling, que es el que se usa á diario en el laboratorio.

La dosificación de la glucosa por el licor de Fehling se funda en la reacción de Trommer, pues el reactivo es una solución alcalina de sulfato de cobre. Hay varias recetas para obtener directamente el licor; pero como éste se altera con el tiempo, prefiero las dos fórmulas de Soxhlet, con las cuales se preparan dos líquidos: uno, *A*, es una disolución de sulfato de cobre (34, 63 gramos de sulfato por 500 gramos de agua destilada); y el otro, *B*, se prepara de esta manera: tartrato sódico potásico, 173 gramos; agua destilada, 450 c. c.; disuélvase y añádanse 50 gramos de hidrato sódico fundido.

Los líquidos *A* y *B* se mantienen inalterables por tiempo indefinido, y cuando se desea licor de Fehling no hay más que mezclarlos en volúmenes iguales.

Preparado el licor, se procede á dosificarlo con una solución conocida de glucosa; y averiguada su titulación, ó sea la cantidad de aquella substancia que reduce á 10 c. c. del reactivo, se procede á la operación.

Al efecto se empieza por diluir el reactivo en agua destilada (al 20 por 100), y luego se le calienta hasta la ebullición en una cápsula de porcelana ó de cristal. En caliente se deja caer gota á gota con una bureta el líquido que se ensaya, y se agita la mezela para que la reacción sea completa. La dificultad está en fijar el momento en que el licor está totalmente reducido, y á este fin basta la práctica. Para mí, doy por reducido el licor cuando la capa de líquido que nada sobre el precipitado pierde el color azul y lo toma amarillo verdoso; pero para casos dudosos, puede acudirse á un análisis comparativo.

Una simple proporción nos da la cifra de la glucosa en el líquido, dada la cantidad de él que se ha empleado en la reducción de los 10 c. c. de licor de Fehling. Cuando el líquido que se ensaya es orina, no hay más que acidificarlo, hervirlo y filtrarlo; si es sangre, es preciso privarla de substancias proteicas mediante tratamiento con el ácido acético y la ebullición; pero conviene tener presente el peso de la sangre empleada; y si se hace el cálculo en volúmenes, restablecer el primitivo de la sangre después que se la privó de substancias proteicas.

b. Levulosa.—Debe su nombre á su propiedad de inclinar hacia la izquierda

el rayo de luz polarizada. Se la encuentra en los frutos, y especialmente en aquellos que tienen el grano mezclado á la pulpa, como las uvas, las grosellas, las fresas, etc.; se la obtiene artificialmente separándola del azúcar invertido y por sacarificación de la inulina.

La levulosa no fermenta tan fácilmente como la glucosa, pero en cambio se oxida con más rapidez, es muy soluble en el agua y comunica á sus disoluciones mayor dulzor que la glucosa. Como esta última, reduce el licor de Fehling.

He aquí la proporción de hidratos de carbono que se contiene en los principales alimentos vegetales ¹. Las cifras se refieren á 1 kilogramo.

Arroz.....	834'5	Patatas.....	173'3
Harina de trigo.....	723'9	Cerezas.....	149'2
Maíz.....	679'4	Uvas.....	143'1
Centeno.....	663'8	Setas.....	117
Higos secos.....	657	Melocotones.....	113'1
Dátiles.....	614	Peras.....	108'5
Habas.....	581'3	Trufas.....	101
Avena.....	559	Remolachas.....	92'2
Lentejas.....	559	Almendras.....	90
Garbanzos.....	550 ²	Albaricoques.....	88'5
Guisantes.....	526'5	Nabos.....	83'8
Habichuelas.....	499	Manzanas.....	79'6
Pan de trigo.....	470	Fresas.....	50'9
Castañas.....	356'5		

¹ Maleschott, citado por Pouchet y vuelto á citar en el *Dictionnaire* de Richet, tomo 1, pág. 332.

² Saenz Diez, obra citada, pág. 177.

Lección XII.

Principios inmediatos.

(Ácidos orgánicos y grasas).

Sumario: (Ácidos orgánicos: Constitución, caracteres y clasificación.—) Ácidos de la serie acética. — Ácidos acético, butírico, palmítico y esteárico. — Ácidos de la serie oleica. — Ácido oleico. — Ácidos de la serie glicólica. — Ácido láctico. — Ácido oxálico. — Grasas. — Jabones.

Ácidos orgánicos. — Con este nombre estudia la Química orgánica multitud de cuerpos que más ó menos aparentemente muestran sus condiciones de acidez, pero todos gozan aptitud para saturar las bases y constituir sales.

Los ácidos orgánicos se forman por la oxidación de los alcoholes, mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por otros de oxígeno, y muchos de ellos son engendros de la acción de ciertos microbios que trasladan el oxígeno desde el aire á las moléculas alcohólicas.

Los ácidos orgánicos pueden considerarse como principios inmediatos de alimentación. Muchos de ellos ingresan en el tubo digestivo en una porción de frutos vegetales; ejemplos: el acético, málico, cítrico y tártrico; otros forman parte de las grasas animales y vegetales, como el oleico, el esteárico y el palmítico; y otros se forman en la cavidad digestiva por fermentaciones microbianas á expensas de la glucosa, como el láctico y el butírico. Hay ácidos que sólo pueden figurar como productos excrementicios, como el valeriánico, fórmico, caproico, etc.

División de los ácidos orgánicos. — Correspondiendo á los alcoholes monoatómicos, estudian los autores dos series de ácidos orgánicos: la del ácido acético ó serie *acética*, y la del ácido oleico ó serie *acrilica*.

Á los alcoholes diatómicos ó glicoles pertenecen otras dos series de ácidos, la *glicólica* y la *oxálica*, ambas de ácidos diatómicos; pero con la particularidad que los de la primera son menos oxidados, diatómicos y monobásicos, y los de la oxálica, más oxidados, diatómicos y bibásicos.

El estudio particular de los ácidos de estas cuatro series me llevaría muy lejos de mi propósito; y por tanto, me limitaré á estudiarlos en general y á describir alguno de los cuerpos más usuales en la alimentación.

† A. *Serie del ácido acético.* — Estos ácidos son monoatómicos y monobásicos, tienen por fórmula general ($C^n H^{2n} O_2$) y forman una serie paralela á la de los alcoholes de apetencia simple. †

Nada más fácil que recordar la constitución y fórmula de los ácidos correspondientes á esta serie, pues basta tener presente los siguientes datos: 1.º El carbono está en el orden de los números, y así el primer ácido contiene un átomo de C, y el décimo diez. 2.º Conocida la cantidad de C, no hay más que doblarla y se tiene la del H. Y 3.º el O es constante para todos los ácidos de la serie.

Con estos datos, he aquí, en dos columnas paralelas, los alcoholes monoatómicos y los ácidos correlativos de la serie acética:

Alcoholes.		Correspondientes.	
Metílico.....	$CH^3.OH...$	al ácido fórmico	CH^2O^2 ó $CHO.OH$
Etilico.....	$C^2H^5.OH...$	— acético.....	$C^2H^4O^2$ ó $C^2H^3O.OH$
Propílico.....	$C^3H^7.OH...$	— propiónico..	$C^3H^6O^2$ ó $C^3H^5O.OH$
Butílico.....	$C^4H^9.OH...$	— butírico....	$C^4H^8O^2$ ó $C^4H^7O.OH$
Amílico.....	$C^5H^{11}.OH...$	— valerianico..	$C^5H^{10}O^2$ ó $C^5H^9O.OH$
Exílico.....	$C^6H^{13}.OH...$	— caproico....	$C^6H^{12}O^2$ ó $C^6H^{11}O.OH$
»	C^8	» caprílico C^8	»
»	C^{10}	» caprílico C^{10}	»
»	C^{12}	» caprílico C^{12}	»
Décimosexto..	$C^{16}H^{33}.OH..$	— palmítico... $C^{16}H^{32}O^2$	ó $C^{16}H^{31}O.OH$
Décimotavo..	$C^{18}H^{37}.OH..$	— estearico... $C^{18}H^{36}O^2$	ó $C^{18}H^{35}O.OH$

(1) el término C^{14} es el misterio

† Los ácidos que ocupan los números inferiores de la serie son líquidos, volátiles, inestables, solubles en el agua y tienen caracteres químicos y organolécticos muy marcados. Por el contrario, los ácidos de los números superiores, á partir del caproico, son más estables, insolubles en el agua, sólidos ó semisólidos, y se caracterizan por su inercia química: por estas condiciones aprovechan más á la nutrición y se prestan á quedar de reserva en el organismo. †

Ácido acético. — Se le encuentra en los productos de la digestión y combinado con la sosa, potasa y cal en la savia de casi todas las plantas y en muchos líquidos de la economía animal.

Es un líquido á 17° C., hierve á 117° C., incoloro, cristizable, de sabor y olor fuertemente ácidos, volatilizable, sin dejar residuo, y muy corrosivo. Es muy soluble, lo mismo que sus sales (acetatos).

Ácido butírico. — Se le halla en los intestinos, en la leche y en la manteca, de donde lo obtuvo Chevreul, y por eso lleva el nombre de butírico (de *butyrum*, manteca).

El ácido butírico es un líquido incoloro, oleoso, volátil, de olor penetrante y desagradable, hierve á 162° C., es soluble en el agua y, como sus congéneres, forma éteres con la glicerina.

Ácidos palmítico y estearico. — Se les encuentra combinados con la glicerina, constituyendo tripalmitatos y triesteratos en las grasas de los animales y en muchos aceites vegetales.

Ambos ácidos son sólidos, blancos, untuosos al tacto, cristalizables, previa disolución en el alcohol, insolubles en el agua y solubles en el alcohol caliente, éter, cloroformo, ácidos biliares y ácido acético cristalizado. El primero funde á 62° C., el segundo á 69° C.

B. **Ácidos de la serie oleica.** — Son moneatómicos y monobásicos y difieren de los anteriores en que son más oxidados, ó de otro modo, que para el mismo O ofrecen dos átomos menos de H. Tienen por fórmula general $C^n H^{2n-2} O_2$.

Los ácidos de esta serie ofrecen relaciones muy estrechas con los de la anterior, y se descomponen, cuando se les trata en caliente con la potasa cáustica, en ácido acético y algún otro del mismo grupo.

Muchos de los ácidos de la serie oleica se les encuentra combinados con la glicerina formando parte de las grasas y de los aceites.

El ácido más interesante de la serie acrílica es el oleico.

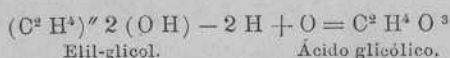
Ácido oleico. — Se le encuentra combinado con la glicerina (trioleína) en las grasas del cuerpo humano, en las de los animales y en los aceites vegetales. Estos deben su estado líquido al predominio de la oleína.

Calentado con la potasa cáustica se descompone en ácido palmítico y acetato.

*18 ácidos
2.º por la
nomenclatura*

El ácido oleico es un líquido oleaginoso, incoloro, no volátil y se solidifica en una masa cristalina á 4° C. Es insoluble en el agua, soluble en el alcohol, éter, cloroformo y en los álcalis, con los cuales se combina, constituyendo jabones. El ácido oleico es muy oxidable.

Ácidos de la serie glicólica. — Se engendran los ácidos de esta serie por oxidación del alcohol diatómico; pero pueden darse dos grados de oxidación: á los ácidos productos del primero se les denomina glicólicos, y con ellos se forma la serie del mismo nombre, y de la ulterior oxidación de éstos originan los ácidos de la serie oxálica.



En la serie glicólica estudiaremos el ácido láctico, y en la serie oxálica el ácido de este nombre.

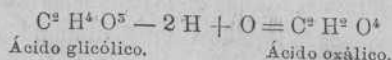
a. *Acido láctico* ($\text{C}^3 \text{H}^6 \text{O}^3$).—Se encuentra en los músculos, sangre, quilo, estómago ó intestinos de los animales. Su presencia en los productos de la digestión se explica por la fermentación láctica de la glucosa de los alimentos á beneficio de los microorganismos; pero según Hammarsten puede producirse por la mucosa gástrica á expensas del moco.

El ácido láctico es un líquido de consistencia de jarabe, incoloro, de sabor picante y acidez muy pronunciada. Es muy soluble en el agua, alcohol y éter, y se combina con los metales formando sales, entre las cuales son notables las alcalinas, porque no cristalizan á pesar de ser solubles, y las de zinc, que son cristaloides.

Se conocen cuatro modificaciones isoméricas del ácido láctico: 1.^a Ácido láctico ordinario ó *etilideno láctico*, que se origina en la fermentación láctica. 2.^a *Etileno láctico*, que se halla en los músculos. 3.^a *Sarcoláctico*, que también se encuentra en los músculos. Y 4.^a que es una variedad del primero y se le conoce con el nombre de ácido *hidroxipropiónico*. Todas estas variedades se distinguen entre sí por la diversa solubilidad de sus sales de zinc, y porque el tercero es dextrógiro, en tanto que los paralactatos de zinc son levógiros.

El ácido láctico puede á su vez sufrir la fermentación butírica y propiónica por ciertos fermentos vivos (vibrión butírico de Pasteur y *bacillus* delgado de la fermentación propiónica.)

Ácidos de la serie oxálica. — Los ácidos de esta serie derivan por oxidación del ácido glicólico, como puede verse en la siguiente ecuación:



Estos ácidos son diatómicos, por cuanto cierran molécula con dos de oxhídrido, y á la vez son bibásicos, porque forman sales neutras con dos de base. De esta serie estudiaremos el ácido oxálico.

Ácido oxálico. — Este ácido puede considerarse como es, un producto excrementicio y cuerpo intermedio entre el ácido carbónico y el óxido de carbono. Se le encuentra en los tres reinos: en el mineral sobre algunos lignitos y al estado de oxalato básico de hierro (humboldita); en el vegetal se encuentra libre en los pelos de los garbanzos verdes, y como oxalato en la acedera, acederilla, genciana, etc.; y accidentalmente en los humores de los animales. En el hombre, en el estado normal, se encuentra el ácido oxálico en la orina.

Grasas.—Son éteres de la glicerina, y resultan de la sustitución de los tres átomos de H, de las tres moléculas de oxhídrido, que saturan á este alcohol por sendas moléculas de radicales ácidos. Las grasas que figuran en los alimentos son formadas por los ácidos esteárico, palmítico y oleico, constituyendo triestearina, tripalmitina y trioleína.

(Todas estas grasas tienen caracteres comunes.) Son insolubles en el agua y en el alcohol frío, solubles en el alcohol caliente, éter, cloroformo y sales de los ácidos biliares, ⁺ forman emulsiones con los líquidos viscosos y alcalinos. Los cuerpos grasos no se mezclan con los líquidos de base acuosa, porque la diferencia de tensión superficial entre las grasas líquidas y el agua los separa: basta que se disminuya la tensión superficial de la disolución acuosa, mediante la viscosidad ó los álcalis, para que aproximándose á la de las grasas se establezca una estrecha unión entre los dos líquidos. Duclaux, de quien es esta explicación, define la tensión superficial de los líquidos diciendo que es la atracción que ejercen entre sí las moléculas líquidas.)

Las grasas, cuando están puras, son cuerpos neutros, inodoros, sin color ni sabor, no pueden destilarse sin descomponerse, se oxidan fácilmente y arden á no muy altas temperaturas. Las grasas no son difusibles, pero no obstante se absorben en estado natural y en el de jabones. [†] (Sease absorción de las grasas)

No son difusibles, pero no obstante se absorben en estado de jabones ó emulsiones.

Jabones. — El desdoblamiento de los éteres grasos, de que acabo de hablar, en presencia del agua y por acción de los álcalis ó de los fermentos esteatolíticos, constituye una operación química, que recibe el nombre de *saponificación*. Cuando el desdoblamiento de los éteres grasos se hace por influencia de una base alcalina, el ácido graso se combina con ella, y al producto se le llama jabón. Nosotros no debemos ocuparnos más que de los jabones de sosa y de potasa, que son los únicos que sabemos por experiencia se forman en el intestino.

Los jabones son unos cuerpos sólidos, de variable consistencia según la base, solubles en el agua y en el alcohol, y gozan de la propiedad de disolver las grasas. Por cuanto son solubles, los jabones son absorbibles directamente y se les encuentra en la sangre y en el quilo, y en tanto que disuelven las grasas facilitan la absorción de las mismas.

Véase, para concluir, la riqueza en grasa por kilogramo de peso de los principales alimentos vegetales y animales ¹:

Alimentos vegetales. — RIQUEZA EN GRASA POR KILOGRAMO.

Patatas.....	1'5	Guisantes.....	19'5
Dátiles.....	2	Lentejas.....	24
Nabos.....	2'5	Cebada.....	27
Setas.....	2'5	Maíz.....	48
Arroz.....	8	Avena.....	55
Castañas.....	8'5	Alforfón.....	55
Higos.....	9	Colza.....	350
Habas.....	15	Almendras.....	540
Trigo.....	18'5	Nueces.....	600
Habichuelas.....	19'5		

¹ Moleschott, citado por Pouchet y vuelto á citar en el *Dictionnaire de Richet*, tomo 1, pág. 338.

(1) potasa : sosa + 0 bases terreas en las que se
metales Na, K y Ca
(Cl. Sierra)

Alimentos animales.—RIQUEZA EN GRASA POR KILOGRAMO.

Pescado en limpio.....	5	Salmón.....	47
Clara de huevo.....	10	Carne magra de cerdo...	57
Carne magra de buey...	15	Arenque fresco.....	103
Idem íd. de cabra.....	19	Sesos de buey.....	165
Idem íd. de vaca.....	25	Queso.....	242
Idem íd. de pato.....	25	Carne grasa de buey....	260
Idem íd. de carnero.....	27	Anguilas.....	280
Hígado de buey.....	35	Yema de huevo.....	320
Leche.....	45	Carne grasa de cerdo....	370

15 Lección XIII.

Principios inmediatos (Proteicos).

Sumario: Cuerpos proteicos. — Naturaleza. — Análisis. — Origen. — Caracteres físicos y químicos. — Acción del calor. — Idem de los ácidos y álcalis. — Idem de los fermentos amorfos y vivos. — Reacciones. — Clasificación. — Riqueza en albuminoides de los principales alimentos vegetales y animales.

Cuerpos proteicos. — Si con razón se ha dicho que la química orgánica es la del carbono, con análogo motivo estamos autorizados á decir que la química fisiológica es la del nitrógeno; pero no se crea que las combinaciones del ázoe son tan simples como las del carbono; al contrario, son complejísimas y dan de sí moléculas voluminosas de enorme peso molecular.

Los cuerpos proteicos no son susceptibles de una definición, sino de una descripción. Su nombre no expresa su naturaleza química, como creyó Mulder al dárselo, y ha quedado como símbolo de un grupo numeroso de sustancias bastante diferentes entre sí, que se encuentran constituyendo la base de los protoplasmas vegetales y animales. También se llama albuminoideas á las sustancias proteicas por juzgarlas derivadas ó análogas de una de las más interesantes del grupo, la albúmina.

Los cuerpos proteicos se componen cuando menos de cuatro elementos, C, N, H y O; pero casi siempre se ofrecen más complejos, pues á los dichos cuatro elementos se añade con frecuencia el S, y algunas veces el Ph y el Fe. Con estos cuerpos

simples se constituye la armazón química de las sustancias proteicas; mas no concluye aquí la complicación, pues en las que se obtienen frescas y empapadas en los jugos orgánicos se encuentran sales (fosfatos de cal y de magnesia, cloruro de sodio) y gases. Y no se crea que estos últimos cuerpos son ajenos á la constitución de los albuminoides, pues algunas de las sales (los fosfatos) no se pueden separar completamente por diálisis, y además, cambian las propiedades de los proteicos solubles, cuando por tratamiento químico se les despoja de ellos.

En el núcleo proteico, el carbono constituye más de la mitad de su peso, el oxígeno una tercera parte, el nitrógeno una sexta parte, el hidrógeno una duodécima y el azufre una sexta parte del hidrógeno. Estas cifras no son más que aproximadas; mas dándolas en partes alicuotas, se facilita su recuerdo.

Naturaleza. — Para definir la constitución química de un cuerpo, es preciso descomponerle en sus elementos y averiguar después la forma de agrupación de estos elementos; lo primero es fácil, gracias al análisis; lo segundo lo ignoramos, porque aún no se ha conseguido la síntesis de los cuerpos proteicos. Sólo hemos de atenernos, para juzgar de la naturaleza de los albuminoides, á los productos de su descomposición y á sus reacciones con los agentes químicos, y, claro es, con estos datos no puede llegarse más que al establecimiento de hipótesis.

Desde luego debe suponerse que las sustancias albuminoides vivas ó protoplasmáticas no deben tener la misma constitución que las que se obtienen por descomposición de los tejidos y humores. Esta suposición ha encontrado fundamento en las investigaciones de Pflüger y Löw, los cuales han demostrado que la albúmina *viva* es mucho más oxidable y más sensible á los agentes químicos que la *muerta*. Tampoco serían idénticos los productos de la descomposición de una y otra, pues los de la primera abocarían al tipo urea y los de la segunda al tipo amoniaco.

*En la albúmina de huevo en la de
Suero de leche el oxígeno del carbono, el
nitrógeno y el ácido fosfórico en la proteína
muerta.*

En el organismo del hombre, los albuminoides se descomponen completamente en urea, agua y ácido carbónico, amén de otros cuerpos intermedios, como el ácido úrico, la glucocola, la creatina y creatinina, y probablemente el glucógeno y las grasas.

En el tubo digestivo del hombre, los albuminoides se descomponen por hidratación en peptonas, en leucina y tirosina, en glucocola, indol, scatol y ácidos grasos. En esta descomposición toman parte los fermentos amorfos y los vivos.

Más instructiva es aún la descomposición de los albuminoides por la acción en caliente del ácido sulfúrico á medio concentrar. La albúmina se descompone en tres factores, á saber: la *hemiproteína*, substancia insoluble en el agua y de aspecto gelatinoso; la *hemialbúmina*, y otros cuerpos.

Tan instructiva como la anterior es la desintegración de los albuminoides con el hidrato de barita por el método de Schützenberger ¹. Introduciendo en un *autoclavo* (especie de marmita de Papin) una substancia proteica, agua é hidrato de barita, se somete la mezcla á la acción del calor por espacio de tres á cuatro días, teniendo cuidado de suspender la operación de vez en cuando para analizar los cuerpos que se vayan produciendo.

Por este procedimiento se desintegran los albuminoides, y para estudiar los productos conviene considerarlos en dos períodos: en el primero (á las seis ú ocho horas) se produce una cantidad notable de amoniaco y otra de ácido carbónico que aparece combinado con la barita, y es notable que el ácido carbónico y el amoniaco son entre sí en la misma relación que guardan en la constitución de la urea, que es una diamida de ácido carbónico ².

En este hecho se funda Nasse para creer que el nitrógeno de los proteicos se encuentra de dos maneras: en combinación inestable, que se desprende en seguida, y en combinación estable, que resiste á esta primera parte de la descomposición; pero Schützenberger, con mejor acuerdo, deduce que, puesto que el ácido carbónico y el amoniaco desprendidos están en la proporción de la urea, este cuerpo debe ser uno de los núcleos de los albuminoides. La hipótesis de Schützenberger tiene una gran importancia, pues, como veremos más adelante, la mayor parte de las substancias proteicas absorbidas se desdoblan en urea y en otro cuerpo ternario, que bien pudiera ser el glucógeno ó la grasa.

¹ Schützenberger: *Les fermentations*. París, 1879, pág. 220.

² Véase *urea*.

Volviendo ahora á los albuminoides, restanos añadir que en el segundo y último período de su descomposición se producen aminas y amidas¹, los ácidos glucónico y aspártico, ácidos grasos, cuerpos aromáticos y gases.

De la valoración de los productos de desintegración de los albuminoides no se deduce una teoría fija de su estructura molecular, y de aquí las diversas hipótesis sobre su naturaleza; pero pueden obtenerse varias conclusiones prácticas en provecho de la Fisiología. Helas aquí:

1.^a Los cuerpos proteicos se componen de varios núcleos, ó cuando menos se descomponen en el organismo en tres órdenes de sustancias: 1.^o, derivados proteicos, como la urea, el ácido úrico, el glucónico, el aspártico, el glucocol, aminas y amidas; 2.^o, sustancias aromáticas, como el indol, el fenol y la tirosina; y 3.^o, sustancias hidrocarbonadas, glucógeno y probablemente grasas.

2.^a Los derivados proteicos figuran en la economía como principios excrementicios y derivan ó abocan al amoniaco. La urea, que es el producto más oxidado de los proteicos, tiene la misma composición centesimal que el cianato amónico y por hidratación se convierte en carbonato amónico. Sin embargo, jamás el amoniaco se encuentra en el organismo normal: es fuera del cuerpo cuando tiene lugar su formación.

$(CO) \begin{matrix} \nearrow NH_2 \\ \searrow -HH_2 \end{matrix}$
 $\left\{ \begin{matrix} CO(NH_2)_2 + 2H_2O = \\ \text{urea} \\ = CO_2(NH_2)_2 \end{matrix} \right.$
 Carbonato amoniacal

3.^a Aunque los productos de la máxima oxidación de los cuerpos proteicos son la urea, el agua y el ácido carbónico, nunca faltan en el organismo productos semicombustionados, tales como la creatina y el ácido úrico.

4.^a Las sustancias proteicas juegan un doble papel en la economía, por sí y en tanto que se asimilan, y por las grasas y glucógeno que producen cuando se descomponen.

¹ Las aminas y amidas son cuerpos derivados del amoniaco: las primeras por sustitución del H por un radical alcohólico, y las segundas de la misma sustitución por un radical ácido.

5.^a Tanto en el tubo digestivo como en las intimidades del organismo, las sustancias proteicas dejan, cuando se descomponen, residuos inasimilables. En este grupo se encuentran los cuerpos aromáticos (indol, fenol, etc.), que son principios excrementicios cuyas funciones se desconocen.

En cuanto á las hipótesis propuestas para explicar la constitución de los albuminoides, sólo tiene un valor histórico la de Mulder, que los creía formados por la combinación del azufre con la proteína ¹. La hipótesis de Schützenberger descansa en los hechos ya citados y atribuye la molécula proteica á la síntesis de varios núcleos azoados, uno de los cuales sería una amida del tipo ureal.

La hipótesis más en boga es la de Gautier ², en cuyo desarrollo no podemos entrar por falta de espacio y sazón. Para este sabio, los cuerpos proteicos son nitritos complejos, susceptibles de hidratarse y de admitir tantas moléculas de agua como átomos de nitrógeno se contienen en el núcleo primitivo. Dada esta hipótesis, el núcleo principal de las sustancias proteicas sería el radical cianógeno (CN), ó mejor, el ácido cianhídrico (CNH), el cual se organizaría en molécula de doble ó cuádruple dinamicidad, y cada dinamicidad á su vez atraería un núcleo secundario, los cuales pudieran ser aldehídos, el carbonilo (CO) y el imidógeno (NH).

Otros autores opinan que el núcleo primitivo no es cianhídrico, sino aromático, y se fundan en que estos cuerpos (los aromáticos) dan con el reactivo de Millon el mismo color rojo que los proteicos, y en que la tirosina, que goza de idéntica reacción, se produce en la desintegración de los albuminoides. Otros, en fin, creen que el núcleo es un aldehído, y se fundan en que las sustancias proteicas reducen las sales de plata en disolución alcalina, como lo hacen los aldehídos.

En estos últimos tiempos Schützenberger ha intentado la síntesis de los cuerpos proteicos deshidratando la leucina, leucenina y la urea por el ácido fosfórico. La substancia obtenida se parecía por sus reacciones á las peptonas; y aunque este resultado dista mucho de ser definitivo, promete en favor de la hipótesis de Gautier.

1 La proteína es el residuo proteico que queda después de tratar la albúmina con los álcalis.

2 Gautier: *Chimie biologique*. París, 1892, pág. 84 y siguientes.

Origen de los albuminoides. — El primer origen de los proteicos hay que buscarlo en los vegetales, que los fabrican probablemente por reducción de los nitritos del suelo, para constituir con ellos y el carbono el núcleo cianhidrico; luego acaban la construcción, mediante síntesis con otros núcleos secundarios. Aunque no está probado que el organismo de los animales carezca de este poder sintético, hay que reconocer que, de existir, debe ser muy limitado. Los vegetales construyen los albuminoides, de ellos los toman los herbívoros, y de éstos los carnívoros. El hombre, que es pantófago, toma los cuerpos proteicos de las plantas, de los herbívoros y de los carnívoros.

Todos los tejidos y humores de los organismos de entrambos reinos contienen sustancias proteicas; pero en cantidad y calidad son superiores las que ofrecen los animales a las de las plantas. Probablemente la estructura molecular de los albuminoides animales es más compleja que la de las plantas, no obstante ofrecer unos y otros reacciones análogas. Por estas razones de cantidad y calidad, el vulgo y los médicos conceptúan de mayor provecho nutritivo los alimentos animales que los vegetales.

He aquí, según Gorup-Besanez ¹, la cantidad de albuminoides por mil que contienen los diversos líquidos y tejidos del organismo:

Líquido cerebro-espinal.....	0'9	Médula espinal.....	74'9
Humor acuoso.	1'4	Cerebro.....	86'3
Líquido amniótico.....	7'00	Hígado.....	117'4
Idem del pericardio.....	23'6	Timo de ternera.....	122'9
Idem linfa.....	24'6	Huevo de gallina.....	134'3
Jugo pancreático.....	33'4	Músculos.....	161'8
Leche.....	39'4	Túnica muscular de las arterias...	273'00
Quilo.....	40'9	Cartilago.....	301'00
Sangre.....	195'6	Huesos.....	345'00
Sinovia.....	31'9	Cristalino.....	333'00

¹ Citado en el *Dictionnaire de Physiologie* de Richet, pág. 198, tomo I.

Caracteres de los albuminoides. — Son sólidos y de aspecto córneo cuando están secos, gelatinosos ó filamentosos cuando los empapa el agua, incoloros y amorfos, sin más excepción que la hemoglobina, inodoros, insípidos, levógiros, de poca densidad, y cuando arden dan olor á pelo quemado.

Las sustancias proteicas son coloides, y por tanto tan movibles y suceptibles como los gases. Obran, según feliz idea de Gautier, á manera de resortes gaseosos que reaccionan blanda, lenta y constantemente por las influencias que reciben. Cartuchos de pólvora húmeda llama Letamendi á los protoplasmas contráctiles.

Los caracteres quimicos de las sustancias albuminoides son muy variados, pero en general puede decirse que ninguna se disuelve perfectamente en el agua: la que mejor se disuelve, la albumina, ni filtra bien, ni es osmótica ¹; más que disolverse, lo que hacen es hincharse, como le sucede á la goma. Sus soluciones en el agua se favorecen por los álcalis débiles y las sales neutras. Son insolubles en el alcohol, éter y cloroformo; solubles en los ácidos y álcalis diluídos, que las transforman en ácida y álcali-albúminas, y se coagulan en sus soluciones acuosas por las sales metálicas densas.

Se alteran por el calor, por la luz, por la electricidad, por el agua, por los ácidos, por las sales y por los fermentos amorfos y vivos; de donde se deduce que es imposible conservarlas sin alteración. Tienen una gran tendencia á hidratarse, tanto, que Legallois las considera como anhídridos de peptona.

Acción del calor. — Cuando están disueltos en el agua ó en soluciones salinas ó en disoluciones muy débiles de ácidos y álcalis, los cuerpos proteicos se coagulan por el calor. El punto de coagulación es muy variable para cada uno, y en general se encuentra comprendido entre los 55° C. y los 85° C. En igualdad

1 Exceptúase la peptona, según queda dicho en otro lugar.

de condiciones, la coagulación se adelanta por la acidez, y de aquí la práctica de acidular todo líquido albuminoso que se va á tratar por el calor.

Sólo tres sustancias proteicas solubles en el agua no se coagulan por el calor: la ácida, la álcali-albúmina, y las peptonas.

Acción de los ácidos. — Si son muy débiles, transforman los albuminoides, según queda dicho, en ácida-albúmina, pero cuando obran concentrados las hidratan y descomponen.

Acción de los fermentos. — Los fermentos amorfos *proteolíticos* hidratan los albuminoides y los transforman en peptona; luego los descomponen y producen á sus expensas leucina y tirosina. Los coagulantes las coagulan sin ulterior modificación.

Los fermentos aerobios, tales como el *bacillus tenuis*, *geniculatus*, *scaber*, *virgula*, etc., descomponen á las sustancias proteicas, sin que resulte gran desarrollo de gases, pero sí mal olor; por el contrario, los anaerobios, tales como el *bacterium clavi-formis*, el *catenula* y otros, las descomponen con hidratación, gran desarrollo de gases (HS , CO^2 , H) y ácidos grasos que prestan olor fétido á los productos.

Reacciones de los albuminoides. — Los cuerpos proteicos disueltos se precipitan ó se coagulan por el calor, el alcohol, el tanino, las sales metálicas densas y los ácidos concentrados. Cuando se quiera privar un líquido de sustancias albuminoides, el mejor tratamiento es el de Brücke. Consiste en acidular el líquido con el clorhídrico y tratarle después con el ioduro doble de potasio y mercurio. Filtrado el líquido, todos los proteicos quedan en el filtro.

Pero cuando sólo se desea averiguar si una sustancia disuelta es proteica, puede acudirse á cualquiera de las siguientes reacciones de color:

Reacción de Piotrowski.— Es muy notable. Se toma el líquido sospechoso y se le añade una solución de potasa ó sosa cáusticas, se calienta ligeramente y se adiciona una gota de una solución de sulfato de cobre; al caer la gota forma un precipitado verde que cae al fondo del tubo, y el líquido que nada encima toma un color rosa-violeta. Si la substancia es peptona, el color es púrpura. Esta reacción la conocen los extranjeros con el nombre de *biuret*, porque la produce una substancia de este nombre, que resulta de la urea sometida á la acción del calor.

Reacción xanto-proteica.— Se obtiene por la acción del ácido nítrico sobre las substancias proteicas, ^{41'} ^{11'} produce un color amarillo, debido al ácido xanto-proteico. Añadiendo después un exceso de amoníaco, el color amarillo pasa á naranja.

Reacción de Millon.— El reactivo de este nombre es un nitrato nitroso de mercurio, y se prepara disolviendo 20 gramos de mercurio en otros 20 de ácido nítrico y añadiendo un volumen doble de agua. Las substancias proteicas, tratadas por este reactivo, dan un color rojo. La reacción de Millon la dan y se debe á los cuerpos aromáticos, fenol, cresol y tirosina (Kühne y Salkowski).

Clasificación de los albuminoides.— Apesar de las muchas que se han propuesto, opto por componer la que sigue, porque la considero útil á nuestros estudios fisiológicos.

Los albuminoides pueden agruparse en seis clases:

CLASES	CARACTERES	VARIEDADES
1. ^a Albúminas.	Solubles en el agua, coagulables por el calor, solubles en las disoluciones concentradas de sales neutras.	Sero-albúmina. No precipita por el éter. Hovo-albúmina. Si precipita por el éter. Albúmina celular.

en el ácido debe usarse concentrado y al caer sobre el líquido produce un precipitado blanquecino (excepto en los albuminoides de los animales peptónicos: albuminas) que no precipitan por el ácido nítrico. luego herviéndolo (1)

CLASES	CARACTERES	VARIEDADES
2. ^a Globulinas..	Solubles en las disoluciones salinas diluídas, insolubles en el agua y precipitables por el CO ² (previa dilución), y por las sales neutras á concentración. Precipitan por el calor á no muy altas temperaturas.	Caseinógeno ¹ . Fibrinógeno. Globulina. Miosina. Vitelina.
3. ^a Albumina- tos.....	Derivan de la acción de los ácidos y álcalis sobre las sustancias proteicas. Son insolubles en el agua, solubles en los ácidos y álcalis, no precipitan ni se coagulan por el calor y precipitan de sus disoluciones por neutralización..	Ácido-albúmina ó sin- tonina. Álcali-albúmina.
4. ^a Albumosas..	Son proteicos insuficientemente hidratados, ó sean grados intermedios para la peptonización. Se producen por la acción de los jugos gástrico y pancreático y por el calor en presencia del agua. No se coagulan por el calor, precipitan por el alcohol, por la bilis y por el ácido nítrico y el ferrocianuro potásico.....	<i>Proto-albumosa</i> , soluble en el agua; precipita con el sulfato de magnesia. <i>Hetero-albumosa</i> . insoluble en el agua, soluble en las disoluciones débiles de cloruro de sodio. <i>Deutero-albumosa</i> , soluble en el agua y precipitable por el sulfato de amoniaco, pero no por el de magnesia.
5. ^a Peptonas...	Se caracterizan por sus propiedades negativas y por su poder osmótico. Solubles en el agua y no precipitan por el calor, ni por la neutralización, ni por el ferrocianuro potásico y el ácido nítrico. Son hidratos de albúmina.....	<i>Hemipectona</i> , que se descompone en leucina y tirosina. <i>Antipectona</i> , sin ulterior modificación.

1 El caseinógeno participa de las reacciones del grupo inmediato; pero le incluyó en este por ser más análogo á las globulinas. El caseinógeno se diferencia de ellas en que no precipita por el calor.

CLASES	CARACTERES	VARIEDADES
6. ^a Proteicos coagulados.	Son insolubles en el agua, en los álcalis y ácidos débiles, solubles en los ácidos concentrados y en los jugos digestivos, que los transforman en peptonas. La coagulación de los proteicos se debe á la acción del calor ó á la de los fermentos amorfos coagulantes.....	Albúmina coagulada. Caseína. Fibrina, soluble en parte en las disoluciones de cloruro de sodio, de concentración media.

Los caracteres de las sustancias albuminoides de los seis grupos de la clasificación bastan por ahora para poder juzgar de las transformaciones que experimentan en la digestión; el resto de lo que de ellas debe saber un alumno de fisiología, se irá añadiendo en sazón oportuna.

Sigo á Halliburton en no considerar como verdaderos proteicos á otros cuerpos que con ellos tienen analogía, tales como la oseína, condrina, elastina, nucleína, etc., pues muchos de ellos, v. gr., la nucleína, no pueden considerarse como principios inmediatos alimenticios, porque no se digieren, y otros que se transforman por los jugos digestivos, como la gelatina, no producen verdadera peptona.

Para terminar este estudio, me parece que será de utilidad la inserción e los dos cuadros siguientes, que declaran la proporción de sustancias proteicas contenidas en un kilogramo de los principales alimentos vegetales y animales ¹:

PROPORCIÓN DE ALBUMINOIDES CONTENIDOS EN UN KILOGRAMO DE LOS
ALIMENTOS VEGETALES ABAJO NOMBRADOS

Lentejas.....	265	Maíz.....	79
Habas.....	244	Nueces.....	91
Almendras.....	240	Alforfón.....	69
Guisantes.....	238	Arroz.....	51
Habichuelas.....	225	Hongos.....	47
Avena.....	144	Castañas.....	45
Trigo.....	135	Remolacha.....	29
Cebada.....	129	Col.....	20
Centeno.....	107	Nabos.....	15

¹ *Dictionnaire de Physiologie*, de Richet, tomo 1, pág. 313.

Patatas.....	13	Coliflor.....	6
Cerezas.....	8	Manzanas.....	4
Uvas.....	7	Melocotón.....	3
Ciruelas.....	7	Peras.....	25
Fresas.....	5		

Y dicho de una manera más breve, casi esquemática:

Leguminosas.....	250 gramos por kilogramo.
Cereales.....	125 — — —
Feculentos.....	25 — — —
Frutas.....	5 — — —

ALIMENTOS ANIMALES — PROPORCIÓN DE ALBUMINOIDES POR KILOGRAMO

Queso.....	334	Yema de huevo.....	163
Carne de pato.....	203	Carne de pescado.....	139
Idem de buey.....	174	Clara de huevo.....	117
Idem de cerdo.....	171	Leche.....	55
Idem de vaca.....	166		

Leccción XIV.

Parte mecánica de la digestión.

Sumario: Parte mecánica de la digestión. — Actos que comprende. — Prehensión de los alimentos. — Masticación. — Oficio de los dientes. — Movimientos de la mandíbula. — Acción de los músculos masticadores: elevadores, depresores y diductores. — Músculos auxiliares de la masticación. — La masticación es un acto voluntario-reflejo. — Vías aferentes, centro y vías eferentes.

Parte mecánica de la digestión. — Tiene por objeto llevar los alimentos á la cavidad bucal, triturarlos, mezclarlos con los diversos jugos digestivos, trasegarlos á lo largo del tubo y expulsar los residuos de la digestión.

Para todos estos fines, los músculos, que son los agentes del movimiento, se disponen convenientemente en las dos extremidades del tubo digestivo, boca y recto, que es donde las acciones mecánicas se verifican con mayor energía y rapidez, y están regidas, hasta cierto punto, por la voluntad: en el trayecto intermedio, las mismas paredes del dicho tubo están provistas en abundancia de fibras lisas de contracción lenta, sostenida é involuntaria.

De los alimentos que provee el medio cósmico, unos, los menos, no han menester modificación para absorberse y utilizarse; y otros, los más, requieren previa elaboración. Pero los unos y los otros se absorben por la mucosa digestiva, y de aquí que el aparato de este nombre esté dispuesto al triple fin de la digestión, de la absorción y de la expulsión de los residuos. Hay más: las modificaciones que sufren los alimentos son sucesivas

y progresivas, la absorción es lenta, y los residuos no lo son en definitiva hasta que alcanzan los últimos tramos del intestino grueso.

De todas estas consideraciones se deduce la carrera que han de cumplir los alimentos desde la boca hasta el ano; lenta en las cavidades donde la digestión es más intensa y eficaz, de mediana velocidad en los trayectos donde la absorción se verifica principalmente, y muy rápida en los que sirven de puro paso á lo que ingresa y á lo que se excreta. Por eso el aparato digestivo presenta alternativamente dilataciones (cavidades), estrecheces y tubos, y por la misma razón encuentro lógica la clásica división de dicho aparato en tres porciones: *ingestiva*, desde la boca hasta el cardias; *digestiva (y absorbente)*, desde el cardias al ciego; y *deyectiva*, desde el ciego hasta el ano.

Con esta clasificación se quiere fijar el principal papel de las diversas partes del concierto digestivo, en ningún modo definir exclusivamente la función de cada una de ella.

En rigor debe entenderse que *en todo el tubo digestivo, se digiere, se absorbe y se expulsan los residuos al tramo inmediato inferior.*

De antiguo se distinguen en la digestión ocho actos, á saber: prehensión de los alimentos, masticación, insalivación, deglución, quimificación, quilificación, absorción del quilo y defecación.

De ellos, cuatro son puramente mecánicos (prehensión, masticación, deglución y defecación) y los otros cuatro participan de mecánicos y de químicos. Á mi juicio es preferible estudiar la mecánica, después la química, y terminar con un resumen de inmediata aplicación á los estudios médicos.

Prehensión de los alimentos. — La prehensión constituye el último acto de la serie de trabajos y de afanes á que se ve obligado el hombre para lograr su sustento, y el primero de los del proceso digestivo. La industria humana ha logrado en este punto completar, suplir y aderezar los medios naturales de prehensión.

El vaso para los alimentos líquidos, la cuchara para los líquidos y semi-líquidos, y el tenedor y el cuchillo para los sólidos, han venido en auxilio de las manos y de los labios, y de esta suerte pueden llevarse á la cavidad bucal con precisión y pulcritud los manjares más variados.

Mas cualquiera que sean los instrumentos auxiliares y las re-

glas que imponga la etiqueta, siempre resulta que se aprehenden los alimentos sólidos y semisólidos, una vez llevados á la boca, por los labios, la lengua y los dientes; y los líquidos, por derramamiento y succión. Ninguna dificultad ofrece la prehensión de los primeros, ni por tanto vale la pena de analizarla; pero sí la de los segundos. Para la succión de los líquidos, la cavidad bucal hace oficio de cuerpo de bomba, y la lengua de émbolo ó pistón. Aplicado el vaso á los labios, la lengua se retrae, y entonces los líquidos, parte por el declive, parte por la menor presión del aire en la cavidad bucal (en relación á la atmosférica), se precipitan en ella para ser deglutidos. Así mama el niño, aplicando los labios de la bomba bucal sobre el pezón de la madre, y así se aspiran los líquidos cuando el declive no favorece su derrame en la cavidad.

Todas las partes que intervienen en la prehensión de los alimentos gozan de exquisita sensibilidad táctil, y de movimiento voluntario, y además las operaciones que realizan las manos están vigiladas por la vista. Los movimientos son acomodados por la educación; mas una vez el hábito adquirido, se cumplen á maravilla, sin que la conciencia ni la voluntad intervengan, como lo prueba que la atención se distrae en mil objetos durante la comida y no por eso la prehensión deja de verificarse como de ordinario.

Masticación. — Tiene por objeto triturar y dividir los alimentos para que puedan ser deglutidos y mezclados íntimamente con los jugos digestivos.

Para la masticación están dispuestos los dientes con formas diversas en relación á sus usos y á la alimentación; pero como el hombre es omnívoro, posee veinte molares que le sirven para moler, cuatro caninos para desgarrar y ocho incisivos para hendir y cortar los alimentos. De igual carácter mixto goza en sus movimientos la mandíbula inferior, y así se mueve lateralmente, hacia adelante y atrás y de abajo arriba.

La lengua en primer término, y los músculos de los labios y de los carrillos en segundo, sirven á la masticación, colocando los alimentos bajo las arcadas dentarias; y la saliva, empastándolos y reblandeciéndolos, auxilia el trabajo. Analizaré sucesivamente los movimientos de la mandíbula, los auxiliares y la insalivación.

La masticación tiene gran trascendencia, y de ella depende muy principalmente la ulterior elaboración. Bien decía el inmortal hidalgo, cuando se lamentaba con su escudero de la pérdida de los dientes: «¡Sin ventura yo! — dijo D. Quijote oyendo las tristes nuevas que su escudero le daba » (*la pérdida de las muelas*) — que más quisiera que me hubieran derribado » un brazo, como no fuera el de la espada; porque te hago saber, Sancho, » que la boca sin muelas es como molino sin piedras, y en mucho más se » ha de estimar un diente que un diamante..... »

Movimientos de la mandíbula. — La mandíbula inferior se articula por su doble cóndilo con las cavidades glenoideas de entrambos huesos temporales, y es de notar que, pese á la conveniencia que declaran los nombres de las superficies articulares, *cavidad* y *cóndilo*, en rigor son dos cuerpos convexos los que se ofrecen: el cóndilo por la mandíbula, y la raíz transversa ó tubérculo articular por los temporales. Semejantes superficies sólo darian de sí puntos tangenciales de contacto, si no existiera un menisco ó lente cartilaginosa, de forma bicóncava, que las ajustase; mas es el caso que este menisco rueda cuando la mandíbula se mueve, y sigue al cóndilo en su proyección hacia adelante cuando la boca se abre; de donde resulta que tiene razón Wundt en decir que la articulación témporo-menisco-maxilar es doble, en esta forma: una articulación superior entre el cóndilo y el menisco, y otra inferior entre el menisco y el tubérculo articular. De esta disposición y de la flojedad de los ligamentos que unen los dos huesos, se sacan las siguientes conclusiones prácticas:

1.ª La quijada goza de gran movilidad, en parte por la forma

de su articulación, y en parte porque ésta *es también movable en un plano antero-posterior*. Ó de otro modo: la mandíbula puede rodar con movimientos amplísimos alrededor del eje ficticio que pasa por ambos cóndilos; pero como éstos con los meniscos ruedan á su vez hacia adelante (cuando se abre la boca) y hacia atrás (cuando se juntan las arcadas dentarias), resulta que *los ejes de movimientos son tan numerosos como variados*.

2.^a La conveniencia de ambas arcadas dentarias es posible, á pesar de que en el estado de completo reposo la inferior cae por detrás de la superior.

3.^a Es imposible la compresión de las partes blandas del cuello, aunque la boca se abra desmesuradamente.

4.^a Es muy fácil la luxación de la mandíbula.

El valor mecánico de los movimientos de la quijada puede ajustarse al de una palanca cuyo punto de apoyo estuviera en la articulación, la potencia en la parte anterior de la rama de la mandíbula (línea de acción de los músculos elevadores: masétero, temporal y pterigoideo interno), y la resistencia entre las arcadas dentarias, en donde se encuentra el alimento que se ha de dividir. Esta comparación nos hace comprender desde luego que la potencia de los músculos será tanto más efectiva: *como extensión*, cuanto esté entre los incisivos la pieza que se ha de dividir; *y como intensidad*, si se encuentra sobre los últimos molares que están situados entre el punto de aplicación de la potencia (inserción del masétero) y el de apoyo. Lo que digo no es más que la repetición de aquel axioma tan sabido por los estudiantes de Física: «lo que se gana en fuerza se pierde en velocidad, y viceversa;» y en lo que hace á la experiencia del caso particular que vengo exponiendo, todos la tienen de que para partir un objeto duro no se hace uso de los dientes, sino de las muelas.

Músculos masticadores. — A. ELEVADORES. — El trabajo útil para la masticación lo verifica la quijada, hacia arriba, es decir, aplicando la arcada dentaria inferior contra la superior: por eso los músculos más potentes son los que la elevan. Para descender la mandíbula le basta con su propio peso, siempre que estén relajados los músculos masticadores; por eso se cae la man-

dibula durante el sueño, y por la misma razón queda abierta la boca en los cadáveres. Sin embargo, no se aviene con la rapidez de la masticación, ni se compadece con el tono de los músculos elevadores la depresión pasiva de la mandíbula, y he aquí la razón de por qué hay músculos depresores, si bien menos robustos que sus antagonistas.

Las potencias de la masticación, los músculos elevadores, son: los maséteros, los temporales y los pterigoideos internos. Todos ellos tienen su inserción fija en los huesos de la cabeza y en puntos situados en un plano superior á los de su inserción móvil en la rama de la mandíbula y sus dependencias (apófisis coronoides, menisco, etc., etc.)

Por esta diferencia de altura todos ellos elevan la quijada; mas por la dirección de sus fibras pueden considerarse tres variedades de acción.

A. Fibras que la elevan con rectitud por dirigirse perpendicularmente desde una á otra inserción: las fibras profundas del masétero y las de la porción media del temporal.

B. Fibras que la elevan dirigiéndola hacia atrás, por tener la inserción fija en un punto posterior: el grueso de las del temporal correspondientes á su porción posterior.

C. Fibras que la elevan y la dirigen hacia delante, por ser oblicuas hacia atrás: las superficiales del masétero y todas las del pterigoideo interno. De esta suerte la contracción sinérgica de todos los músculos eleva la quijada directamente, y obran aislados cuando la posición de la boca abierta lo requiere: así, por ejemplo, si la boca abierta es proyectada hacia delante, la contracción del temporal no es eficaz y obran solos los maséteros y pterigoideos internos; y al contrario, cuando por el máximo de abertura la quijada es retraída, los músculos temporales son los encargados de la elevación.

B. DIDUCTORES. — Mas ya queda dicho que, en la posición natural de la quijada, la arcada dentaria cae por detrás de la superior, y para conseguir esta falta de coincidencia entra en juego el pterigoideo externo, cuyas fibras se dirigen transversalmente de dentro á fuera. También influye este músculo con su congé-

nere el interno, en los movimientos laterales de la mandíbula. (diducción.)

C. DEPRESORES. — La depresión de la mandíbula se debe á los músculos que van de la mandíbula al hueso hioides, á saber: el milo-hioideo, el geni-hioideo y el vientre anterior del digástrico. Pero de poco aprovecharía el oficio de los citados músculos si no fijasen el hueso hioides, los omóplato-hioideos, esterno-tiroideos y tiro-hioideos.

En resumen: son elevadores de la mandíbula los temporales maséteros y pterigoideos internos; diductores y prognadores, entrambos pterigoideos; depresores, los suprahioideos; y fijadores del hioides, los infrahioides.

D. MÚSCULOS AUXILIARES. — Tan indispensables como los músculos masticadores son los auxiliares que colocan los alimentos bajo las arcadas dentarias, y entre éstos se cuentan la lengua, el orbicular de los labios y los bucinadores.

La lengua es un paquete de músculos, forrado por una mucosa de las más sensibles del cuerpo. La disposición de las fibras musculares de la lengua es tal, que la permiten los movimientos más variados y precisos. Ciertas de ellas toman puntos de apoyo y de inserción en los huesos vecinos (quijada, hioides, apófisis estiloides, paladar, etc.) y reciben el nombre de músculos extrínsecos: otros se reducen á la jurisdicción del órgano y merecen el dictado de intrínsecos, distinguiéndose por su dirección en longitudinales (superficiales y profundos), transversales y verticales. Gracias á su extraordinaria movilidad, la lengua repone sobre las arcadas dentarias los alimentos que cayeron en la cavidad bucal, y al mismo oficio contribuyen los bucinadores respecto á los que caen entre las dichas arcadas y los carrillos.

Al mismo tiempo que la masticación se verifica, y en parte excitada por sus movimientos y por la acción de los alimentos sobre la mucosa sensible, se produce una abundante secreción de saliva. Es la parótida, sobre todas las glándulas salivares, la más activa en segregar, y es precisa-

mente la que por su situación sufre más directamente la influencia de los movimientos de la quijada. Por esto y por ser la saliva más acuosa, ha recibido la parotídea el título de saliva de la masticación. El líquido salivar empapa los alimentos, y al propio tiempo que facilita la masticación los aglutina por su viscosidad para formar el bolo y los dispone para la fermentación amilolítica.

La masticación es un acto voluntario-reflejo. —

Aunque todos los músculos que intervienen en la masticación obedecen directamente al imperio de la voluntad y pueden contraerse aislados ó en grupos como y cuando se quiera, es lo cierto que la masticación es un acto reflejo. Todos saben lo difícil, lo ingrato y cansado que resulta masticar sin apetito; y en cambio, ¡qué expedita y acompasada la masticación del que come con gana! Además la masticación requiere el ejercicio de multitud de músculos, los cuales se han de contraer armónica y sucesivamente; y hasta tal punto es esto cierto, que si la lengua ó los carrillos tuvieran que esperar órdenes de la voluntad para huir de los dientes en el momento de la trituración, sufrirían mordiscos á cada instante; y de igual modo las mascadas serían infructuosas ó inadecuadas, si la sensibilidad exquisita de los dientes y el sentido del esfuerzo realizado por los músculos masticadores no graduaran el reflejo. Sí, la masticación, aunque dependiente de la voluntad, es un acto reflejo, y como tal se verifica de ordinario, presidido por la médula oblongada, sin que el cerebro tome en él otra parte que la noticia de su regular cumplimiento.

El punto de partida del reflejo masticador está en la impresión de las papilas nerviosas (aparatos somato-cósmicos) abundantemente repartidas por la mucosa bucal, por los dientes y por los músculos. Los agentes de esta impresión (excitantes) son múltiples, á saber: el contacto de los alimentos, el de unas partes sobre otras, v. gr., diente con diente, y la misma contracción de los músculos.

La impresión es conducida á la médula oblongada por el trigémino y el glosio-faríngeo (conductores aferentes), se refleja en la médula oblongada y vuelve por los nervios motores sobre los músculos ya citados.

Tres son los nervios motores que gobiernan á los músculos de la masticación: *el nervio masticador*, que sale del cráneo con la rama inferior del trigémino é inerva á los músculos masétero, temporal, pterigoideo externo é interno, bucinador, milo-hioideo y vientre anterior del digástrico; *el facial*, que anima el vientre posterior del digástrico, el estilo-hioideo y el orbicular; y *el hipoglosio*, que se distribuye por la lengua, por el esterno-hioideo, esterno-tiroideo y omóplato-hioideo.

√ Dada la multitud de nervios que intervienen en la masticación y las diversas alturas que ocupan en la médula oblongada sus núcleos de origen, es imposible *à priori* inducir la localización anatómica del centro masticador. Tampoco poseemos hechos de experimentación, y en este punto..... la ciencia no ha progresado un paso desde los tiempos de Schröder Van der Kolk.)

Lécción XVI

Parte mecánica de la digestión.

(Deglución.)

Sumario: Mecanismo del tránsito de los alimentos por el tubo digestivo. — Deglución. — Tiempos de la deglución. — Oclusión de las vías nasal y faríngea. — Ventilación de la caja del tambor. — Deglución de líquidos y gases. — Mecanismo nervioso de la deglución.

Mecanismo del tránsito de los alimentos por el tubo digestivo.— Las sustancias alimenticias corren á lo largo del tubo digestivo en estado semilíquido ó francamente fluidas, y en ambos casos arrastran á los gases que se ingieren y á los que se producen en las fermentaciones digestivas. Siempre los materiales circulan por un desequilibrio de presión y en la dirección de la más débil resistencia. Los cambios de presión se determinan por la ordenada contracción de las fibras longitudinales y circulares que entran á constituir las paredes del tubo: las primeras al acostarse disminuyen el trayecto, lo despejan haciéndolo más ancho, y producen una serie de sacudidas muy favorables á la progresión de los materiales: las últimas se contraen acompasadamente de arriba abajo en ondas espirales, que se llaman *peristálticas*, y á manera de resortes van impeliendo los alimentos en la dirección normal. Las fibras longitudinales no tienen más que una misión, acortar el tubo; pero la contracción de las circulares puede invertirse dirigiéndose de abajo arriba, y en estos casos hacen retroceder los materiales y reciben sus ondas el nombre de *antiperistálticas*.

Deglución. — Con este nombre se designa el curso de los alimentos desde la boca hasta el estómago. La deglución es un acto que empieza entre voluntario y reflejo y se concluye francamente reflejo. Somos dueños de tragar ó no tragar; mas una vez que el bolo alimenticio traspone al istmo de las fauces, no hay sino tragarlo. Es más: la primera parte de la deglución puede cumplirse por mandato voluntario, aunque no haya cosa alguna que tragar; pero las contracciones reflejas no se producen si una impresión corpórea (saliva ó alimentos) sobre la mucosa no las excita, y ya iniciadas, siguen su curso ordenado hacia el estómago, aunque el cuerpo quede detenido en un punto de su trayecto, el esófago, v. gr.

Tiempos de la deglución. — Para mejor comprensión del fenómeno, y siguiendo el ejemplo de los autores, dividiré la deglución en tres tiempos, bien entendido que semejante división es puramente didáctica.

El primer tiempo se refiere al traslado de las substancias alimenticias desde la boca al istmo de las fauces. Al efecto, comienzan por cerrarse los labios (contracción del orbicular) y la mandíbula (contracción de los músculos masticadores). Luego la lengua, apoyada por su base en los milo-hioideos, que contraídos constituyen un plano de sólido apoyo, se levanta y aplica su punta sobre la bóveda palatina. De esta suerte, la lengua se ofrece como un plano inclinado hacia abajo y atrás, y el bolo alimenticio colocado sobre su dorso está en condiciones de deslizarse y caer en el istmo de las fauces. Como fuerza impulsiva actúa la misma lengua, que aplicándose sucesivamente desde la punta á la base sobre el cielo de la boca, cierra al bolo todo camino hacia adelante y le empuja por el plano inclinado; y como lubricante de este movimiento tenemos la saliva, que cubre al resbaladero (lengua) y al cuerpo que se desliza (bolo).

Una vez que el bolo alimenticio traspone los pilares anteriores,

comienza el *segundo tiempo* de la deglución, en el cual debemos estudiar el curso del alimento y las obturaciones de las vías nasal y faríngea, porque, como es sabido, en este punto se cruzan el conducto aéreo y el digestivo.

Ninguna dificultad ofrece el movimiento progresivo del bolo en este segundo tiempo; y por el contrario, obedece á la mecánica general ya referida en el proemio de esta lección. Los pilares anteriores se contraen en cuanto el bolo pasó, y le cierran la retirada; al propio tiempo, la faringe se eleva y se adelanta para recogerle por un movimiento combinado, en el que juegan los músculos palato-faríngeo, estilo-faríngeo y constrictor superior de la faringe. Caído el bolo en el embudo que representa la faringe, surge espasmódica, ordenada y casi instantánea la contracción de los constrictores medio é inferior, y lo arrastran, mejor dicho, lo escamotean y lo llevan al esófago. Dedúcese de lo expuesto, que al iniciarse el segundo tiempo de la deglución la faringe se eleva y se adelanta para recoger el bolo, y después desciende con el movimiento espasmódico que lo precipita en el esófago.

Ahora bien, y entro en el mecanismo de la obturación de la laringe: como los constrictores unen sólidamente la faringe y la laringe, resultará que, al elevarse y adelantarse la primera, seguirá el mismo movimiento la segunda; y así es en efecto: al iniciarse el segundo tiempo, la laringe se eleva y adelanta, escondiéndose y defendiendo su abertura bajo la base de la lengua. Contribuyen á esta ascensión de la laringe, los músculos supra-hioideos, y ella basta para impedir, sin otro auxilio, la penetración de los alimentos sólidos en la vía aérea. La clínica y la experimentación demuestran que, perdida la epiglotis, pueden tragarse impunemente toda suerte de sólidos. Pero los líquidos, y en especial las últimas gotas que escurren después de beber, caerían en la glotis, determinando un acceso de sofocación, si otras dos defensas no lo impidiesen, á saber: la depresión de la epiglotis, que cierra á manera de válvula la abertura laríngea, y la contrac-

ción de los labios de la glotis (cuerdas vocales). La depresión de la epiglotis es esencialmente mecánica, y cuando menos es muy dudoso que intervengan las contracciones de las fibras aritenopigloticas: débese á las presiones combinadas que ejercen sobre ella, la base de la lengua y el propio bolo alimenticio.

Algunas veces una partícula alimenticia logra escapar á la ocultación de la laringe y depresión de la epiglotis, y entonces cae en la cámara supraglótica; mas su contacto con la mucosa produce un violento ataque de tos que obra como agente expulsivo (nervio laríngeo superior), y la contracción de las cuerdas vocales le impiden todo descenso hacia la tráquea. Con tan múltiples recursos, la penetración de un cuerpo extraño es casi imposible en el estado normal. Por oposición, constituye un grave peligro en la anestesia profunda del cloroformo: faltas de sensibilidad las mucosas, en dicho caso no reaccionan sobre los cuerpos extraños, y éstos pueden penetrar en la tráquea y bronquios. De aquí el peligro de los vómitos en los sujetos cloroformizados, y por la misma razón no es posible la anestesia cuando se opera en las partes profundas de la boca, á menos que sea tal la posición del enfermo que la sangre fluya hacia adelante, lejos de descender por la faringe.

La obturación de la vía nasal se cumple, en parte, por la elevación y tensión del velo del paladar (palato-estafilino y periestafilino externo): tenso y horizontal dicho velo, divide la cavidad posterior en dos cámaras ó pisos: uno superior nasal y otro inferior faríngeo. Empero la separación de las dos cámaras es incompleta, porque el velo no alcanza por fuera de la úvula á la pared posterior de la faringe. Á ocluir estos espacios triangulares á los lados de la línea media, y sobre el borde posterior del velo, concurren los pilares posteriores de la faringe, ó sean los músculos faringo-estafilinos. Contraídos estos músculos, se aproximan el uno al otro y completan por detrás el velo palatino: la úvula cierra entonces la hendidura que resta entre ambos.

(1) ¿el periestafilino interno?

Ventilación de la caja del tambor. — La Naturaleza, económica de suyo, ha aprovechado los movimientos de deglución para renovar el aire en la caja del tambor. He aquí cómo se verifica esta ventilación: por la contracción de los peristáfilos externo é interno, se abre y ensancha el orificio faríngeo de la trompa de Eustaquio y circula el aire ¹.

La circulación del aire en la caja del tambor está asegurada por un doble mecanismo:

1.º La cuerda del tambor (rama del facial) es excitada por el ácido carbónico que vicia el aire de la caja, y esta excitación se traduce por aflujo de saliva. Al tragarse la saliva se abre la trompa de Eustaquio y el aire se renueva.

2.º Al descender la faringe en el segundo tiempo de la deglución se enrarece el aire en la cavidad, pues la boca está cerrada; este enrarecimiento alcanza á las fosas nasales y á la caja del tambor. De aquí la necesidad de una nueva deglución para restablecer la presión en el aire de la caja ².

El tercero y último tiempo de la deglución comprende el recorrido desde la faringe al estómago, á través del esófago. Este es un tubo muscular con fibras longitudinales y circulares que actúan por sacudidas y ondas peristálticas en la forma ya referida. Los movimientos del esófago son poderosos y más frecuentes en su extremo faríngeo que en el cardíaco: dichos movimientos son debidos probablemente á ganglios propios y gobernados por el pneumogástrico. Pruébalo la experimentación y la clínica, con los hechos de ser más vivas y poderosas las contracciones del esófago en los apopléticos (anulación del cerebro por hemorragia) y en los animales privados de cerebro. La sección de entrambos pneumogástricos detiene las contracciones, pero no las impide en absoluto.

¹ En el estado de reposo este orificio está cerrado.

² Recuérdese que al principio del segundo tiempo, la faringe se eleva y el aire es inyectado en las cavidades nasal y timpánica.

Deglución de líquidos y gases. — Del mecanismo de la deglución sólo merecen referencia especial la de los líquidos y gases. Los primeros no descienden al istmo por el plano inclinado de la lengua, sino que caen directamente por declive, cuando el líquido llega á la boca impulsado por la gravedad (acción de tragar el chorro que se vierte de un porrón, bebiendo á la usanza de los aragoneses). Si el líquido es sorbido, la contracción de los milo-hioideos y la de la lengua lo inyecta en la faringe por sacudidas (como un pistón impelente), y á medida que cae, corre á lo largo del tubo hasta el estómago. En este caso, la verdadera deglución peristáltica se verifica de una manera intermitente, trago á trago, y tiene por objeto, como antes he dicho, impedir que las postreras gotas se deslicen hacia las vías aéreas.

Los gases se degluten mezclados con los sólidos y con los líquidos, y su deglución no ofrece otra cosa de particular que la producción de un zurrido ó *glú-glú*, que se oye perfectamente auscultando la región del cardias.

Mecanismo nervioso de la deglución. — La deglución constituye en su conjunto un reflejo complicado que trasiega las sustancias alimenticias desde el istmo al estómago, en un espacio de seis segundos. La fuerza del movimiento es tal, que se ha equiparado por Talh á la presión de una columna de agua de 20 centímetros de altura, y probablemente esta cifra es mucho menor que la normal. Las vías centrípetas comprenden el trigémino, el glossofaríngeo y el pneumogástrico. Las vías centrífugas, el facial, hipogloso, glossofaríngeo y pneumogástrico; y el centro, á la médula oblongada. En su consecuencia, la deglución—en su parte refleja—queda libre en las lesiones del cerebro y se entorpece por las del bulbo, siempre que alcancen á alguno de los núcleos de origen de los nervios antes citados.

Lección XVI.

Parte mecánica de la digestión.

(Movimientos del estómago é intestinos.)

Sumario: Movimientos del estómago. — Mecanismo nervioso que los rige. — Vaciamiento del estómago. — Vómito: su mecanismo. — Reflejos vomitorios. — Movimiento del intestino delgado. — Idem de los intestinos gruesos. — Defecación: su mecanismo. — Influencia del sistema nervioso en este acto.

Movimientos del estómago. — Los alimentos hacen estación en el estómago por espacio de tres ó más horas que dura la quimificación; pero mientras ésta se verifica, tienen lugar dos clases de movimientos: *de deslizamiento ó impregnación*, y *de circulación*.

Los primeros podemos imaginarlos suponiendo que tratáramos de hacer una bola con un trozo de masa cogido entre el pulgar y el índice; para lograrlo, bastaría que deslizáramos los dedos en direcciones opuestas. Así se deslizan una sobre otra las paredes del estómago, y el resultado es la completa impregnación de la masa alimenticia por el jugo gástrico.

El segundo movimiento es una combinación de los peristálticos, que llevan el quimo desde el cardias al píloro, por la curvatura mayor, y de los antiperistálticos, que lo tornan del píloro al cardias, por la menor. Ambas curvaturas, que en el estado de vacuidad del estómago miran abajo y arriba respectivamente, se hacen anterior y posterior cuando está repleto.

Entrambos movimientos alternan y se suceden con un ritmo lento (seis contracciones por minuto para los peristálticos); pero lo más interesante para el fisiólogo es el mecanismo nervioso que los rige.

Mecanismo nervioso. — El gobierno de las vísceras por el sistema nervioso se verifica con arreglo á un plan genérico; y por esta razón, cuanto ahora digamos de la inervación del estómago es un adelanto de lo que diremos acerca de la del corazón.

Los movimientos rítmicos del estómago y del intestino, que en punto á inervación no hay diferencia entre los unos y los otros, dependen de los ganglios nerviosos que se encuentran en sus paredes, ganglios de Meissner y de Auerbach. Es decir, que son automáticos y pueden cumplirse en ausencia de los centros médulo-encefálicos. El eje central, aquí como en el corazón, se reserva el gobierno, é influye por dos series de conductores centrífugos; *excito-motores*, que activan las contracciones, é *inhibitorios*, que las suspenden.

De las investigaciones de Houckgeest ¹ parecía deducirse que las fibras inhibitorias iban al estómago é intestinos por el triesplánico (plexo solar), y las excito-motoras por el pneumogástrico (á la inversa que en el corazón); pero estudios posteriores realizados cuidadosamente por Morat ² y Wertheimer ³ han demostrado que en el vago y en el simpático van las dos clases de fibras. En suma, comparando la inervación gastro-entérica y la cardíaca, resultan las tres siguientes analogías:

1.^a Los movimientos dependen de los ganglios propios (auto-motores).

2.^a Son gobernados por la médula, el bulbo y el encéfalo.

1 Van Bram Houckgeest: *Arch. de Pfluger*, 1872 y 1873.

2 P. Morat: «Sur quelques part. de l'inervation motrice du l'estomac, etc. — *Archives de Physiologie*, 1893.

3 E. Wertheimer: *Inhibition réflexe*, etc. — *Arch. de Phy*, 1892.

(1). 1.^o situado en la submucosa esta dividido a la mucosa y el 2.^o situado entre la capa de fibras circulares y la de las longitudinales tiene bajo su dependencia a las fibras musculares.

3.^a *La influencia central se ejerce por los vagos y el triesplánico, los cuales llevan indistintamente fibras aceleradoras é inhibitorias.*

Efecto, sin duda, de la intrincadísima ruta que siguen los impulsos, desde los centros hasta las vísceras, á través de los ganglios semilunares y de las redes del plexo solar, los resultados de la experimentación no son tan precisos como en la inervación cardíaca. Desde luego, la excitación de los pneumogástricos en el cuello, no obstante llevar estos nervios fibras inhibitorias, produce aceleración y acrecentamiento de las contracciones del estómago. Pero es lo notable, y aquí entra el papel de las fibras inhibitorias, que si seccionamos uno de los vagos y aplicamos el excitante al cabo central, *las contracciones se suspenden y el estómago se relaja*. Este efecto inhibitorio es reflejo y tiene por conductor centrífugo el vago del lado opuesto: prueba, que la inhibición no tiene lugar si repetimos la excitación después de la doble vagotomía. Igual efecto suspensivo reflejo obtenemos si en vez de excitar el vago irritamos cualquier nervio sensitivo, el ciático, por ejemplo; pero *en todo caso, el conductor centrífugo del reflejo inhibitorio es una fibra del pneumogástrico*; por donde se concluye que dicho nervio lleva fibras aceleradoras excitables directamente é inhibitorias para servir á las acciones reflejas.

El gran simpático *parece ser* un nervio francamente inhibitorio directo para los movimientos del estómago é intestinos, porque su excitación los suspende y relaja el tono de la víscera: sin embargo, la inhibición no es constante, y en las experiencias de Morat muchas veces se comportó como nervio excito-motor.

(Consecuentes con estas investigaciones fisiológicas son las conclusiones del histólogo Ramón y Cajal¹. Este sabio ha demostrado que las redes ganglionares del intestino (ganglios de Meissner y Auerbach, ya citados) contienen dos clases de fibras: unas propias de los ganglios y otras llegadas del plexo solar; las primeras, con las prolongaciones protoplasáticas

¹ Cajal: *Los ganglios y plexos nerviosos del intestino de los mamíferos*. Madrid, 1893.

de las células nerviosas, forman la red del ganglio; las últimas, mezcladas, aunque no confundidas con las anteriores, constituyen las fibras de paso y tienen probablemente por misión establecer relaciones dinámicas con el plexo solar, y por mediación de éste, con el vago y el encéfalo y con el simpático y la médula.)

El que sin acudir á experiencia ajena quiera convencerse á ciencia propia del gobierno autonómico de los movimientos intestinos, no tiene más que abrir el vientre de un animal inmediatamente después de haberlo decapitado: los intestinos, ausente el encéfalo, se contraen entonces en ondas peristálticas, y todo el paquete semeja un montón de gusanos en completa agitación. Para aseverarse de la influencia del encéfalo, no tiene sino recordar el gruñidero de tripas, y hasta las defecaciones involuntarias que por efectos del terror se producen en algunos individuos, las inyecciones de bilis en el estómago por las contracciones antiperistálticas del intestino á causa de la cólera, etc.

Las experiencias de Goltz y Openchowski han establecido localizaciones en el cerebro para los movimientos que estudiamos. Parecen aún prematuras, pero merecen conocerse: en los tubérculos cuadrigéminos posteriores y en el cuerpo estriado, se localizan respectivamente centros para la contracción y dilatación del cardias; en los dichos tubérculos se citan también centros para la contracción del estómago y del intestino delgado; y en las olivas, los de inhibición del píloro. Además se citan centros excito-motores é inhibitorios á lo largo de la médula.

Por el triesplánico y el vago llegan á los centros nerviosos las oscuras impresiones que los alimentos y sus productos ocasionan en la mucosa digestiva. Estas impresiones en el estado normal no producen efecto alguno sobre los centros, sino que se cumplen por modo reflejo para el mejor y más exacto funcionalismo de las vísceras; pero en el estado patológico, las impresiones de los alimentos mal digeridos, la intoxicación por sus productos y las alteraciones de las mucosas se traducen en impulsos centrípetos anormales que trascienden á la esfera cerebral (dolor, angustia, opresión), y en movimientos reflejos que van á derivarse sobre el corazón y los vasos (palpitaciones, síncope, angina de pecho, vértigos, etc.), sobre las demás vísceras, y hasta sobre los músculos voluntarios (convulsiones, epilepsia, tetania, etc.)

Á su vez, por los nervios sensitivos y por el mismo cerebro pueden influirse anormal y perjudicialmente los movimientos del estómago y del intestino. Los impulsos que conducen los nervios sensitivos pueden reflejarse en los centros y herir las vísceras ya en forma inhi-

bitoria, y esto explica ciertas dilataciones del estómago (gastroectasias) que se producen por influencia de los dolores violentos, ya en forma excito-motora, como lo demuestran las indigestiones y cólicos que se ocasionan por las bruscas exasperaciones de los nervios sensitivos. La influencia perturbadora del trabajo mental sobre el del estómago está sancionada por este refrán castellano: «*después de comer, ni un sobre escrito leer.*» Todos saben, además, la perturbación que causan al trabajo digestivo las influencias morales deprimentes: por lo general inhiben los movimientos, y de aquí la frase gráfica y vulgar: «*se le cortó la digestión por un disgusto.*»

Los alimentos permanecen en el estómago un tiempo variable según su cantidad, digestibilidad, condiciones del jugo gástrico, etc., etc., y según las condiciones en que puede hallarse el individuo. El sueño y el reposo absoluto suelen ser tan perjudiciales como los movimientos exagerados y fatigosos.

Vaciamiento del estómago. — El estómago no se vacía de una vez, sino poco á poco y por oleadas: primero las sustancias más digestibles, luego las más pesadas, y por último los cuerpos extraños. Por esta razón en las indigestiones se prolonga el eructo de la substancia indigesta hasta el final del vaciamiento.

El período que pudiéramos llamar *de oclusión*, porque se extiende desde el fin de la deglución (contracción del cardias) hasta la apertura del orificio pilórico, dura media hora: al cabo el píloro se abre de vez en cuando, y el quimo es lanzado al duodeno por oleadas intermitentes. He aquí cómo se explica esta intermitencia: mientras está cerrado el esfínter, luchan con él los movimientos peristálticos y las fibras longitudinales, y luchan en vano, porque su contracción es tan poderosa que no pueden vencerlo: este mismo rigor es, sin embargo, la causa de sus remisiones intermitentes, y aprovechándose de ellas las ondas peristálticas, lanzan los alimentos al intestino.

(La total expulsión del quimo dura de tres á cinco horas, y hay un procedimiento sencillo para averiguar aproximadamente el tiempo que se emplea en la quimificación. Consiste este procedimiento, aconsejado por Landois, y que yo he comprobado, en

administrar con los alimentos una dosis de salol (un gramo); este cuerpo, que es un salicilato de fenilo, se descompone, en presencia de los álcalis del intestino, en fenol y ácido salicílico. El primero se absorbe y se excreta con la orina, en cuyo líquido se reconoce por la reacción de color amatista que da con el percloruro de hierro.

Vómito. — El vómito es la expulsión preternatural del contenido del estómago, al exterior, á través del esófago, faringe y boca. En suma, la devolución de los alimentos.

El vómito es un acto reflejo en el cual debemos estudiar el mecanismo de la expulsión de los alimentos, y el nervioso que lo rige.

En la expulsión hemos de considerar los agentes expulsivos y las facilidades que se ofrecen á su acción.

Los agentes que impulsan residen en el vientre, lo cual quiere decir que al embocar los alimentos por el cardias llevan ya la fuerza viva que les ha de hacer recorrer todo su trayecto. Dichos agentes son, por orden de importancia, las contracciones de los músculos del abdomen y la de los del propio estómago. Los primeros se bastan para realizar el vómito, como lo demostró hace muchos años Magendie, provocándolo en animales á los que había sustituido el estómago por una vejiga. Mas para que los músculos abdominales puedan expulsar el quimo, precisa que estén fijos el tórax y el diafragma; porque si no lo están, el estómago, huyendo de la contracción, se dislocaría hacia arriba. La fijación del tórax se logra llenándolo de aire (inspiración), y una vez lleno, comprimiéndolo por movimientos de espiración con la glotis cerrada.

En segundo término influyen las contracciones del estómago, que no son regularmente antiperistálticas, como pudiera creerse, sino casi universales. En los niños, durante la lactancia, el vómito puede producirse sólo por acción del estómago, sin duda porque el fondo mayor, que es la parte más perezosa de la viscera, está poco desarrollado. En el adulto, la contracción del estómago no vale más que para la expulsión de gases (eructo).

Facilitan la expulsión: de una parte, el acortamiento del esófago por la contracción de sus fibras longitudinales; de otra, la dilatación del cardias, que precede al vómito y que es condición indispensable para que se verifique, según ha demostrado Schiff; y por último, la dilatación de la faringe y del esófago. Este último efecto se debe al aire, el cual penetra y dilata el esófago durante el período de náuseas que precede al vómito.

Es curioso averiguar cómo penetra el aire en el esófago:

1.º Deglutido con la saliva, que en grandes cantidades se segrega durante las náuseas, por excitación refleja de los nervios timpánico y aurículo-temporal.

2.º Con y por las náuseas se producen movimientos enérgicos de inspiración; pero como la glotis está cerrada, el aire no puede penetrar en los pulmones y es rechazado hacia la faringe y esófago.

Completan el cuadro del vómito la flexión del cuello y la dilatación de la boca. Por todo lo cual pudiera decirse que los recursos auxiliares abren la puerta y las contracciones del abdomen expulsan el contenido del estómago.

El reflejo vomitorio tiene por centro la médula oblongada, como lo indican de una parte los orígenes de los nervios que constituyen el arco reflejo, y lo enseña, de otra, la estrecha solidaridad entre su mecanismo y el respiratorio, que también tiene por centro al bulbo.

Las vías aferentes son ⁴¹numerosas, y comprenden á casi todos los nervios sensitivos. En efecto, la experiencia enseña que el punto de partida de la impresión puede ser la matriz (vómito histérico), ó el estómago (vómito de la gastralgia), ó el trigémino (vómito de la jaqueca y de la neuralgia), ó el óptico (vómito provocado por un objeto repugnante), ó el olfatorio (vómito por olores), etc., etc.

También puede producirse el vómito por excitación directa del centro medular, y así lo presupone el hecho de que ciertas sustancias inyectadas en la sangre lo provoquen. Ejemplo, el tártaro emético, la apomorfina.

El vómito puede producirse á solicitud cerebral. Á este orden pertenezcan los vómitos observados en ciertas personas susceptibles, por el recuerdo ó la imaginación de objetos nauseabundos ó repugnantes.

El vómito, en fin, se realiza, á pocos motivos que se ofrezcan, en aquellas personas muy susceptibles de inervación medular (histéricas) y en las que el cerebro ha abdicado, bien por cansancio, bien por lesión (vómito meníngeo).

Movimientos de los intestinos delgados. — Se verifican también por ondas peristálticas que se propagan desde el estómago hasta el ciego é impulsan á las sustancias alimenticias. Las ondas antiperistálticas apenas tienen lugar en el estado fisiológico; pero en el patológico pueden ser bastante poderosas

⁴¹ Son vías aferentes en primer término el glosofaríngeo y el pneumogástrico; pero pueden serlo casi todos los nervios sensitivos.

para rechazar la bilis y los alimentos al estómago. De ello no certifican los vómitos biliosos y los estercoráceos.

El mecanismo nervioso de estos movimientos es el mismo que dejo explicado para los del estómago. Las materias alimenticias tardan en recorrer los intestinos delgados de dos á cuatro horas.

Los movimientos del intestino delgado podemos percibirlos en nosotros mismos en ciertas condiciones, ya aplicando la mano al vientre, ya provocándolos por amasamiento, ya por el zurrido hidroaéreo que determina el curso de los materiales. En los animales pueden observarse fácilmente sin más que abrir la pared abdominal; pero cuando se quiere observarlos por algún tiempo ó demostrar los efectos de la excitación del pneumogástrico ó de los nervios mesentéricos, conviene evitar el enfriamiento y la desecación, sumergiendo al animal en un baño de una disolución de cloruro de sodio al 7 por 1.000, á 40° C., ó envolver los intestinos en un paño empapado en la misma disolución caliente.

Los movimientos del intestino se exageran con el calor, por la bilis, por la impresión de los alimentos y por las excitaciones mecánicas y eléctricas.

Movimientos del intestino grueso.—En cuanto los alimentos trasponen la válvula de Bauhin, su curso se hace más lento, porque las contracciones peristálticas del intestino grueso son perezosas y se suceden con ritmo lento. La masa alimenticia, ó mejor dicho fecal, camina, no de una manera continua, sino haciendo estaciones y deteniéndose en las cavidades aisladas por los repliegues falciformes del intestino.

Los movimientos de las fibras longitudinales contribuyen tanto como las ondas peristálticas á la progresión de las heces; y por lo que hace á los antiperistálticos, nunca son poderosos, en el estado fisiológico, para vencer la válvula de Bauhin, y no porque ésta sea infranqueable, pues la experiencia enseña que las inyecciones por el recto, con presión moderada, pueden alcanzar á los intestinos delgados.

Las heces tardan en atravesar por los intestinos gruesos doce ó más horas. Esto, por lo que hace á la masa en conjunto; que

en cuanto á ciertos residuos, como semillas, cuerpos extraños de pequeño volumen, etc., pueden permanecer por espacio de meses y aun años.

Defecación. — Es el postrer acto de la digestión y sirve para expulsar las heces desde el recto al exterior.

Mientras las materias fecales atraviesan por los intestinos gruesos, hasta la S del colon inclusive, ninguna sensación provocan en el estado normal; pero tan pronto como impresionan la mucosa rectal, surge una sensación que nos avisa de la necesidad de defecar. El recto posee una mucosa muy sensible y está cerrado en el estado normal por la contracción tónica de dos esfínteres: uno externo, compuesto de fibras circulares estriadas, dependientes de la voluntad, y otro interno, involuntario, que no es más que un espesamiento de las fibras circulares lisas del intestino.

Estos esfínteres se contraen poderosamente por acción voluntaria y refleja respectivamente: cuando las heces impresionan la mucosa rectal, les cierran el paso al exterior y son el punto de partida de una onda antiperistáltica que las rechaza otra vez al colon. Así sucede cuando el individuo no quiere ó no puede proveer su necesidad; pero si la atiende, el esfínter externo se relaja por inhibición voluntaria, y las contracciones peristálticas, favorecidas por la *prensa abdominal*, vencen el tono del esfínter interno y las heces salen al exterior.

Han dado los fisiólogos el nombre de prensa abdominal á la presión que ejercen los músculos de las paredes del abdomen sobre las vísceras que se contienen en dicha cavidad. Fijo el tórax en expiración, y con la glotis cerrada para que el aire no se escape del pecho, la contracción de los músculos de las paredes abdominales actúa directamente oprimiendo las vísceras; pero como el intestino se encuentra lleno de aire, que es elástico, la presión se reparte uniformemente, y de aquí que la supuesta prensa sea pneumática.

La defecación tiene lugar una ó dos veces cada día en los individuos sanos.

El centro reflejo para los esfínteres se encuentra en la médula lumbar en los perros y conejos, y, según Masius (citado por Landois), el inhibitorio del esfínter externo en los tálamos ópticos. Seccionada la médula en los perros por encima del centro reflejo (ano-espinal de Budge), las irritaciones mecánicas del recto provocan contracciones enérgicas de los esfínteres; pero la defecación no puede verificarse regularmente.

Lección XVIII

Parte química de la digestión

(Digestión bucal.)

Sumario: Parte química de la digestión. — Mecanismo de la secreción de los jugos digestivos. — Influencia del sistema nervioso sobre las secreciones digestivas. — Digestión bucal. — Caracteres de la saliva mixta ó bucal. — Técnica para recoger la saliva. — Análisis de la saliva. — Composición de la saliva. — Clasificación de las glándulas salivares. — Salivas particulares á cada grupo de glándulas. — Mecanismo nervioso de la secreción. — Reflejos secretorios. — Secreción por influencia cerebral.

Parte química de la digestión. — Á la transformación de los alimentos contribuyen, como ya hemos dicho, los jugos segregados por las glándulas anejas al tubo digestivo, y los microbios parásitos en la boca, estómago é intestinos, que se renuevan llevados por el aire y los alimentos. La acción de los jugos digestivos sobre los alimentos es continua y sucesiva; actúa sobre ellos primero la saliva, luego el jugo gástrico, luego la bilis y el pancreático, y en fin los jugos intestinales.

Para no repetir en cada secreción lo que tienen todas de común, me parece que debo tratar en general de su mecanismo y de la influencia del sistema nervioso.

Mecanismo de la secreción de los jugos digestivos. — Los agentes químicos y los fermentos amorfos que contienen los jugos digestivos, son segregados por las glándulas y

producidos á expensas del protoplasma de las células glándulas. Prueba: que muchas sustancias, tales como los fermentos, el moco y el sulfocianuro de potasio de la saliva, el ácido clorhídrico del jugo gástrico y los ácidos biliares, no preexisten en la sangre, y, por tanto, no pueden proceder de ella. *2.*

La sangre presta los elementos de nutrición á las células de las glándulas, pero éstas, por metamorfosis de su protoplasma, producen los diversos componentes de los jugos digestivos. Heidenhain ha logrado hacer evidentes los cambios histológicos que se verifican en las células glandulares á consecuencia del trabajo de la secreción. Sus investigaciones han comprendido las células salivares, las pancreáticas y las de las glándulas del estómago, y con ligeras variantes siempre ha observado lo mismo; durante el reposo las células aparecen en dos grupos con caracteres distintos: unas son homogéneas, reducidas de protoplasma, con núcleo poco visible, y no se coloran ó se coloran incompletamente por el carmín; otras aparecen más pequeñas, con el protoplasma granuloso bien marcado, el núcleo muy aparente, y se tiñen fácil y completamente. Después del trabajo secretorio, las primeras pierden la substancia homogénea que las llenaba, y el protoplasma, que es lo único que las queda, se colora perfectamente; las granulosas aparecen más pequeñas y como contraídas. Si la actividad secretoria de la glándula ha sido excesiva ó muy continuada, las células granulosas del segundo grupo faltan, porque indudablemente se han destruido, y entonces precisa un período de reposo para que dichas células se regeneren á expensas de las homogéneas del primer grupo. En definitiva: las materias segregadas por las glándulas son obra de un proceso laborioso, que para mayor claridad consideraremos en tres períodos: 1.º, de nutrición y crecimiento de las células glandulares con formación de los productos de secreción; 2.º, de disgregación de todo ó parte del producto formado, en un estado anterior al que va á tener en definitiva, v. gr., zimógeno ó mucinógeno; y 3.º, transformación

2.ª Que muchas veces alcanza mayor presión que la sangre el líquido que sale por los conductos excretores.

del zimógeno en fermento, ó del mucinógeno en mucina, según que se trate de uno ú otro producto.

Por estas razones considero las células secretorias como verdaderas obreras de los productos segregados.

Influencia del sistema nervioso sobre las secreciones digestivas. — Las cavidades digestivas, cuando están vacías, se ofrecen de color rosa pálido, con temperatura normal y ligeramente húmedas; mas al penetrar los alimentos, las mucosas se enrojecen, la temperatura se eleva y los jugos se segregan en abundancia. En estos cambios no influye la voluntad directamente, sino que se producen por acción refleja y mediante el sistema nervioso. Por lo que sabemos de las glándulas salivares y de otras, estamos autorizados á creer que el sistema nervioso influye sobre las glándulas por dos clases de nervios centrifugos: unos que van á inhibir el tono de los vasos (véase nervios inhibitorios vasculares), y por tanto á dilatarlos (de aquí la congestión y aumento de calor), y otros á estimular directamente á las células secretorias. El primer efecto pone á disposición de la glándula una gran cantidad de sangre para su nutrición, y el segundo aguijonea la actividad de las células: las dos acciones son hasta cierto punto independientes y pueden analizarse, y así, v. gr., la atropina suspende la acción de las fibras secretorias sin alterar la de las vaso-dilatadoras. Es más: en plena anemia, las glándulas, excitadas por los nervios secretorios, pueden producir una gran cantidad de líquido, y en este caso hay que pensar que para la fabricación de su excreta consumen su propio protoplasma y los jugos plásmicos de los tejidos vecinos.

Estudiaremos sucesivamente la digestión bucal, la estomacal y la intestinal.

Digestión bucal. — En rigor, dado el escaso tiempo que los alimentos permanecen en la boca, no hay lugar á verdadera

digestión bucal; pero la saliva impregna el bolo alimenticio y con él va al estómago, en donde se completa la acción.

Debe, pues, entenderse por digestión bucal las transformaciones que experimentan los alimentos por la acción de la saliva.

Conócese vulgarmente con el nombre de saliva el líquido que se expela de la cavidad bucal cuando se escupe. Este líquido es muy complejo y se compone de los siguientes factores: 1.º, saliva propiamente dicha, ó sea el líquido segregado por las glándulas salivares; 2.º, moco producido por degeneración de las células epiteliales; 3.º, restos epitélicos; y 4.º, restos alimenticios en descomposición y microbios.

La acción de estos últimos explica un hecho paradójico que causó admiración á Cl. Bernard: que cuanto más impura la saliva, mayores propiedades digestivas goza.

Caracteres de la saliva mixta ó bucal.— Tal y como se expela de la boca, la saliva es un líquido blanco, espumoso, viscoso y de densidad variable entre 1.004 y 1.008. Su reacción es alcalina en el estado normal; pero puede ser ácida por los ácidos grasos, procedentes de la putrefacción de los restos alimenticios que quedan entre los dientes.

Técnica para recoger la saliva.— La saliva humana puede recogerse, para el análisis, de la que buenamente se escupe; pero cuando se la quiere obtener pura ó conviene analizar las salivas particulares de las glándulas, se acude á otros procedimientos. Para obtener la segregada por la parótida, basta aplicar sobre el orificio de desagüe del conducto de Stenon la embocadura ensanchada de una jeringuilla de cristal, que aspira como una ventosa. Más difícil resulta obtener la saliva de la submaxilar y más difícil aún la de la sublingual: la primera la han extraído Eckard y Oehl introduciendo una delgada cánula por el orificio del conducto de Wharton, que se hace notar como un pequeño punto negro á cada lado de la raíz del frenillo de la lengua, y la segunda la ha obtenido el último de los autores citados por semejante cateterismo del conducto sublingual. En los animales, especialmente en los perros, se recoge la saliva en cantidades consi-

derables, cloroformizándolos. La excitación por los vapores de cloroformo sobre la mucosa bucal produce una notable hipersecreción de saliva.

Cuando se trata de recoger saliva pura en los animales, puede hacerse una fistula en el conducto de Stenon de un perro, y he aquí el modo de proceder. El conducto de Stenon se dirige transversalmente de atrás adelante, desde la glándula parótida, en donde toma origen, hasta el nivel del segundo molar superior, que es donde tiene su desagüe en la boca. En su trayecto cruza horizontalmente las fibras del masétero, y se relaciona con la arteria y vena faciales y con ramos nerviosos del sexto par.

Es muy pequeño este conducto y puede confundirse con una brida aponeurótica ó con un nervio, y para alejar confusiones juzgo excelente el siguiente procedimiento que aconseja Livon¹. Previa anestesia y rasuramiento de la región masetérica, se hace una incisión perpendicular al conducto, que vaya desde el ángulo interno del ojo á la parte media de la quijada: se separan los bordes de la herida, se escinde la aponeurosis profundamente, y sobre el masétero aparecen tres clases de órganos que representan un ángulo abierto hacia atrás y con su bisectriz. La rama superior del ángulo es oblicua de arriba abajo y de atrás adelante, y la forma una rama del facial; la rama inferior es oblicua de atrás adelante y de abajo arriba, y la constituyen la arteria y vena faciales con algunos filetes nerviosos; la bisectriz la forma el conducto de Stenon. Aislado éste, se le hace una incisión en V con unas tijeras finas y se introduce hacia atrás una cánula salivar. Son las cánulas unos tubos cilíndricos de plata, en los cuales se envaina un mandril del mismo metal, terminado en una extremidad obtusa. Se introduce la cánula en el conducto con su mandril, luego se saca éste y se ata el conducto á la cánula, procurando que el lazo caiga sobre una ranura que ésta lleva al fin indicado. Á la extremidad libre de la cánula puede atarse una vejiga ó un recipiente cualquiera para recibir la saliva.

Si se quiere simplemente preparar un líquido que tenga las propiedades digestivas de la saliva, basta extraer una glándula salivar, cortarla en pedazos, lavar los fragmentos para despojarlos de sangre y dejarlos en maceración en la glicerina. Unas gotas de este extracto glicerolado bastan para transformar el almidón en maltosa.

Análisis de la saliva. — Comienza en la observación de una gota de saliva por el microscopio y se ven: 1.º, cuerpos extraños y algunos cristales;

1 Livon: *Mannuel de Vivisections*. París, 1882, pág. 63.

2.º, células epiteliales de la boca; y 3.º, glóbulos mayores que los leucócitos, sin membrana de cubierta y con varios núcleos. Son los glóbulos salivares ó de Donders.

Los diversos microbios que viven en la saliva se estudian, aislan y experimentan en su poder digestivo, previo cultivo en medios apropiados, para cuya técnica remito al lector á los tratados especiales.

Para analizar químicamente la saliva, se comienza por filtrarla, y luego se hierve; el enturbiamiento que se produce débese en parte á la precipitación del carbonato de cal y á la coagulación de la albúmina: el primero es soluble con efervescencia en los ácidos; la segunda sigue coagulada.

Si se trata la saliva con el ácido acético, se precipita una substancia transparente, que se disuelve en un exceso de reactivo: es la mucina, base del moco.

Los sulfocionuros dan con el percloruro de hierro un color rojo vivo, y esta reacción es muy sensible.

Para aislar el fermento debe seguirse el procedimiento siguiente, que es de Connhaim: se acidula fuertemente la saliva (previamente filtrada) con el fosfórico, y luego se añade agua de cal en exceso, con lo que resulta un precipitado de fosfato de cal que arrastra mecánicamente á la albúmina y al fermento. Filtrese y trátese por el agua el precipitado que quedó en el filtro: la albúmina que fué coagulada por el ácido fosfórico no se redissuelve, pero sí la ptialina. Esta última se la vuelve á precipitar en su nueva disolución por el alcohol absoluto.

Evaporando la saliva en el vacío ó á una temperatura de 45º C., se obtiene un extracto, y luego por calcinación se separan las materias inorgánicas de las orgánicas.

Composición de la saliva. — En 1.000 partes de saliva humana se encuentran, según Beaunis ¹, 994'584 de agua y 5'416 de materias sólidas; estas últimas se descomponen en 3'608 de substancias orgánicas y 1'808 de inorgánicas. Por lo demás, estas cantidades varían mucho en las diversas circunstancias.

Entre las materias orgánicas se encuentra en primer lugar la *ptialina*, que es un fermento amorfo amilolítico, la albúmina, la

¹ Beaunis: *Physiologie humaine*, troisième édition. Paris, 1888, tomo II, pág. 27

alcali-albúmina, grasas, indicios de urea y los sulfocianuros de sodio y de potasio.

Las materias inorgánicas se reparten entre los cloruros de sodio y potasio, fosfatos de cal, sosa y magnesia y hierro, y carbonato de cal. Los gases que contiene la saliva son el O, N y CO².

Clasificación de las glándulas salivares.— Por los productos de su secreción se clasifican las glándulas salivares en tres grupos: 1.º, *albuminosas*, las parótidas; 2.º, *mucosas*, las sublinguales; y 3.º, *mixtas*, las submaxilares. Además de estas glándulas, que gozan de individualidad anatómica, se encuentran otras en el espesor de la mucosa de la boca. Todas son arracimadas compuestas, es decir, en forma de gajo de uvas.

Salivas particulares.— Consecuente con la clasificación anterior, se describen tres clases de salivas:

La *parotídea*: es un líquido claro, muy poco denso (1.002 á 1.003) y ligeramente alcalino. No contiene glóbulos salivares ni mucina, pero en cambio posee albúmina, ptialina y carbonato de cal en abundancia. Por esta razón la saliva de la parótida produce efervescencia con los ácidos. El carbonato de cal se encuentra disuelto por el ácido carbónico, y muchas veces se precipita en el conducto de Stenon, dando lugar á cálculos, y sobre los dientes, produciendo el tártaro dentario.

La saliva parotídea se segrega en abundancia durante la masticación y parece que en su secreción no influyen las sustancias de sabor dulce: en cambio la excitan los sabores ácidos.

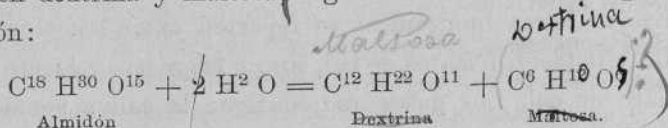
La *saliva submaxilar*: constituye un término medio entre la parotídea y la sublingual: es más densa y alcalina que la primera y menos que la segunda; contiene albúmina como la parótida, y mucina como la sublingual. Es un líquido claro, filante, rico en ptialina y en glóbulos salivares.

La *saliva sublingual*: es muy densa, muy viscosa y muy alcalina: no contiene albúmina y abunda en mucina.

En las tres clases de saliva se encuentra el sulfocianuro de potasio y los cuerpos de que no se ha hecho mención especial.

Acción digestiva de la saliva.— Por la ptialina que con-

tiene, obra la saliva sobre las féculas, hidratándolas y convirtiéndolas en dextrina y maltosa (según se deduce de la siguiente reacción:



Luego, por nueva hidratación, la dextrina pára también en maltosa. Sobre los demás alimentos no amiláceos, la saliva lo único que hace es reblandecerlos y disponerlos á ulteriores transformaciones.

Teóricamente, y por los microbios que viven en ella como en un líquido de cultivo, la saliva debe actuar sobre las grasas y los albuminoides; pero tales reacciones carecen de valor práctico, dado el corto tiempo que el bolo alimenticio permanece en la boca.

El almidón triturado y cocido se digiere mejor y más pronto que entero y crudo: en estos últimos casos la cubierta celulosa que envuelve á los granos impide la acción de la ptialina sobre la granulosa.

La acción de la saliva sobre el almidón puede demostrarse *in vitro*. Tómese al efecto un poco de engrudo de almidón, dilúyase en agua y añádase saliva. Á los pocos minutos, la reacción de Fehling y la de Moore demuestran la presencia de la maltosa.

Mecanismo nervioso contra la secreción.— En los intervalos de la digestión la boca está húmeda de saliva; pero á menos que no intervenga una irritación local cualquiera, como la que produce el tabaco, ó intervenga una acción cerebral ó refleja de las que á seguida diré, no se acumula en cantidad que obligue á escupirla ó tragarla. Basta la ingestión de los alimentos, el paladeo de un manjar y, sobre todo, la masticación, para que la saliva se segregue en cantidades considerables. Pero en todos los casos el aumento de secreción obedece á un estímulo

directo ó reflejo de los nervios que animan la glándula, y de ello tenemos experiencia.

Si después de colocar una cánula en el conducto de Wharton se excita el nervio llamado cuerda del tambor (rama del facial), que se distribuye por la glándula submaxilar, tienen efecto los siguientes fenómenos: 1.º, aumento de volumen, temperatura y vascularización de la glándula; 2.º, crecimiento extraordinario en la cantidad de saliva segregada.

La congestión de la glándula por dilatación de sus vasos es tan notable, que si se corta la vena submaxilar, la sangre sale de color rojo vivo y á chorro pulsátil, como si se tratase de una arteria. La hipersecreción es tan enorme, que la saliva sale por el conducto de Wharton con una presión casi doble de la que corresponde á la arteria submaxilar. Si no tuviéramos gran copia de datos para justificar que la secreción se debe á la actividad de las células glandulares, el hecho últimamente citado bastaría á convencernos que la saliva no es un líquido filtrado de la sangre.

La saliva segregada por excitación de la cuerda del tambor es acuosa, y muy pobre en materias orgánicas.

Si se inyecta por el conducto de Wharton saliva que contenga disuelta una sal de quinina, la circulación de la glándula submaxilar se acelera y los vasos se dilatan como cuando se excita la cuerda. Si á un animal se le intoxica con nicotina, la excitación de la cuerda no produce efectos vasculares ni secretorios; pero cuando el envenenamiento se va disipando, la repetida excitación produce aumento de secreción, sin que los vasos se dilaten. Estos hechos confirman las dos clases de fibras secretorias y vasodilatadoras que posee la cuerda del tambor ¹.

Mas difícil de explicar resulta el siguiente hecho: La sección de la cuerda del tambor suspende por lo pronto la secreción de la submaxilar; pero al cabo de tres ó cuatro días, la glándula del lado en donde se verificó la sección y su congénere comienzan á segregar en abundancia una saliva espesa, viscosa, y abundante en restos epiteliales y en glóbulos. La secreción con-

1 Gad y Heymans: *Physiologie humaine*. París, 1895, pág. 465.

tinúa hasta que entrambas glándulas degeneran. Á la saliva segregada en estas condiciones se la llama *paralítica*, y más bien merece el nombre de irritativa; porque si no fuera debida á una excitación, no se produciría en ambos lados, sino sólo en el de la sección.

La excitación del tronco del simpático ó de cualquiera de las ramas que rodean á la glándula submaxilar, produce efectos distintos y no tan claros como los de la cuerda. Por de pronto, no hay acuerdo entre los autores, si bien la mayoría refieren que se produce aumento en la secreción, con la particularidad de que la saliva es espesa, viscosa y rica en materias orgánicas: los vasos no se dilatan, sino más bien se estrechan. Muchos autores ven en la cuerda y en el simpático dos nervios de acción antagonistas; Heidenhain los considera análogos; y otros, en fin, confiesan la analogía por lo que hace á las fibras secretorias que entrambos nervios llevan, y creen en el antagonismo para los efectos vasculares, pues la cuerda lleva fibras vaso-dilatadoras, y el simpático vaso-constrictoras.

A. Cl. Bernard se debe ¹ el descubrimiento de otro nervio que ejerce cerca de la parótida el mismo oficio que la cuerda del tambor sobre la submaxilar. Este nervio es un ramo del aurículo-temporal, y su descubridor le creyó derivado del facial; pero estudios posteriores de Heidenhain han demostrado que procede del glossofaríngeo, el cual le produce con el nervio de Jacobson y llega al aurículo temporal por el nervio petroso menor superficial y el ganglio ótico.

Los efectos de la excitación del simpático sobre la parótida son aún menos notables que los determinados en la submaxilar; sin embargo, se produce secreción de saliva y se cambian los caracteres de las células secretorias. Estas, que en el período de reposo se presentan hinchadas por la albúmina, después del estímulo del simpático, aparecen contraídas y granulosas por la expulsión de aquella substancia (Gad).

Tanto la cuerda como el aurículo-temporal y el simpático actúan sobre las glándulas salivares á título de nervios centrifugos, y, por tanto, en el estado fisiológico la excitación secretoria debe tener origen en un centro

1 Cl. Bernard: *Physiologie opératoire*. París, 1879, pág. 528.

ganglionar. Este centro se encuentra en el suelo del cuarto ventrículo, sobre la médula oblongada y hacia los orígenes del facial y el glossofaríngeo, según investigaciones de Eckhard y Loeb.

La excitación de este centro, ya experimental, ya por accidente patológico (asfixia), produce flujo de saliva; pero además, dicho centro puede ser puesto en acción por estímulos reflejos y por influencia del cerebro. Estudiaremos sucesivamente los reflejos salivares y la influencia cerebral.

Reflejos salivares. — El ejemplo más sencillo y ordinario de acción refleja tiene lugar cuando un cuerpo fápido, v. gr., el vinagre, se coloca sobre la lengua. En este caso se promueve la acción secretoria refleja, que tiene por conductor aferente el nervio lingual (ramo del trigémino), por centro la médula oblongada, y por conductores centrífugos la cuerda del tambor y probablemente el nervio aurículo-temporal. Prueba: el vinagre no produce secreción de saliva, si previamente se seccionan en los animales el nervio lingual (conductor aferente), el facial ó la cuerda del tambor (conductores eferentes).

El citado ejemplo nos enseña el mecanismo de la secreción de saliva, por el estímulo fisiológico que ocasionan los alimentos sobre la mucosa de la lengua y de la boca.

Pero la acción refleja puede tomar origen en territorios muy diversos, y he aquí algunos ejemplos:

Reflejos salivares promovidos en la región faríngea y conducidos por el noveno par. Salivación nauseosa, que precede al vómito.

Reflejos cuyo origen está en excitaciones del estómago é intestinos: conductor aferente, el pneumogástrico. Ejemplo: salivación que producen ciertas dispepsias.

Reflejos que originan en la matriz. Ejemplo, salivación del embarazo.

Nadie puede dudar que el cerebro determina hipersecreción de saliva por estímulos que van á influir sobre el centro sialorreico

de la médula oblongada, porque la vida ordinaria nos ofrece ejemplos numerosos de esta influencia. Valgan para el caso los flujos de saliva que se promueven á la vista ó por el olor, ó por el simple relato de un manjar apetitoso. Es más: como el hombre está dotado de memoria y de imaginación, le basta imaginar ó recordar los manjares para que, si los apetece, se le declare en el acto una secreción abundante de saliva.

Lección XVIII.

Parte química de la digestión

(Digestión estomacal.)

Sumario. — Digestión estomacal. — Secreciones del estómago. — Jugo gástrico. — Composición y análisis. — Ácidos. — Fermentos. — Pepsina. — Cuajo. — Fermento inversivo. — Fermento láctico. — Técnica para obtener el jugo gástrico. — Acción del jugo gástrico sobre los alimentos. — Secreción del jugo gástrico. — Acción antiséptica del jugo gástrico. — Peptonas. — Reacciones de las peptonas. — Digestiones artificiales.

Digestión estomacal. — De antiguo se conoce con el nombre de quimificación el complicadísimo proceso que tiene lugar en el estómago para la digestión de los alimentos. Á este proceso concurren como factores: 1.º, la saliva que se traga con los alimentos; 2.º, el jugo segregado por las numerosísimas glándulas del estómago; y 3.º, los microorganismos que penetran con el aire y los alimentos. La acción digestiva de estos últimos es muy limitada en el estado normal, porque los microbios no prosperan en un medio ácido, pero llega á ser muy interesante en las enfermedades.

Las operaciones químicas que se verifican en el estómago son obra de los fermentos amorfos de la saliva y del jugo gástrico. En un orden meramente auxiliar ó coadyuvante, influyen los ácidos y demás substancias químicas que toman parte en la quimificación.

Secreciones del estómago. — Las nombro en plural,

porque aparte de que en las paredes del estómago hay dos clases de glándulas, las cardíacas y las pilóricas, el epitelio, que cubre la superficie de la mucosa, produce moco por metamorfosis del protoplasma de sus células.

En ayunas, el estómago aparece húmedo y tapizado de moco, el color de la mucosa es pálido y la temperatura normal; no hay jugo gástrico, y si por tal situación se juzgara, no se tendría idea del poder secretorio de esta víscera; pero en cuanto se introduce agua, y con ella se lava el estómago, ya el líquido que sale, aunque débiles, posee propiedades digestivas. No hay lugar á verdadera secreción hasta que se ingieren alimentos ó se estimula directamente la mucosa por agentes apropiados. Entonces cambia el cuadro: la mucosa aparece roja y caliente, y se segrega en abundancia un líquido de grandes aptitudes digestivas, que en rigor merece el nombre de jugo gástrico.

Un notable ejemplo de aumento de superficie sin crecimiento real de volumen nos lo ofrece el estómago. La mucosa aparece plegada con pliegues perdidos en la región pilórica y con pliegues combinados en forma de retículo en el fondo cardíaco; pero como si estas plegaduras no bastaran, todavía el espesor de la mucosa está perforado por una serie de tubos ciegos, tan numerosos, que Sappey ha contado de 100 á 120 por milímetro cuadrado, ó sea un total de más de cinco millones para la superficie del estómago.

El epitelio de revestimiento produce moco, según ya he dicho, por degeneración ó transformación del protoplasma de sus células; pero este moco solo se segrega cuando el estómago está vacío, y debe tener un papel lubricante y protector. Al menos no se conocen á ciencia cierta las propiedades digestivas del moco gástrico.

Las glándulas del estómago son todas tubulosas, y distintas por su estructura las de la región pilórica y fondo mayor del estómago: no hace mucho que á consecuencia de esta semejanza se creía que las primeras no producían pepsina y las segundas sí; pero actualmente no es posible sostener esta diferencia.

El epitelio que reviste la mucosa gástrica se continúa con el que llena los tubos glandulares y se convierte en secretorio; pero al cambiar de

nombre cambia también de forma. En las glándulas pilóricas no hay más que una clase de células, y en las del fondo del estómago dos, unas que se parecen á las pilóricas, y son las células *principales*, y otras en menor número, llamadas de *revestimiento*. Las células principales son pequeñas, y de contenido claro; las de revestimiento, como indica su nombre, están adosadas á la pared del tubo, son más voluminosas que las anteriores y su contenido es turbio y granuloso.

Dada la diferencia de estructura entre las células principales y las de revestimiento, Heidenhain supuso que las primeras segregaban los fermentos y las segundas los ácidos; pero Cotejean ha rebatido, experimento por experimento, todos los hechos en que aquel autor sustentaba su hipótesis, y en su lugar ha propuesto esta otra: las células principales elaboran propepsina (pepsinógeno) soluble y activa; las de revestimiento producen una propepsina insoluble, que se transforma en pepsina soluble y activa por la acción continuada del agua ó por los ácidos. El mismo Contejean ha demostrado que son ácidas y pépsicas las secreciones del fondo del estómago y las de la región pilórica ¹.

Jugo gástrico.—Es un líquido claro, poco más denso que el agua, de olor enfadoso, sabor entre agrio y salado y reacción ácida muy marcada. Contiene muy pocas sustancias orgánicas, y por esto y por ser ácido resiste mucho á la putrefacción.

Composición y análisis.—El jugo gástrico es una disolución salina, especialmente de cloruros, en la cual se encuentran ácidos y fermentos amorfos.

Las sales arrojan un total de 0,2 por 100, y se reparten en cloruro de sodio, de potasio y de calcio, fosfato de cal é indicios de hierro.

Ácidos del jugo gástrico.—Las discusiones entre los fisiólogos acerca de cuál ó cuáles ácidos entraban en el jugo gástrico llenan muchas páginas de los libros, y en verdad que aún no se ha logrado un completo acuerdo sobre todos los extremos de la cuestión.

¹ Ch. Contejean: «Sur les fonctions des cellules des glandes gastriques.» *Arch. de Physiologie*, París, Julio, 1892, pág. 554.

Adelomorfas á las principales Adelomorfas y á las de revestimiento Adelomorfas.

Que los ácidos hidroclórico y láctico se encuentran en el quimo y en el jugo gástrico, son hechos que no dan pábulo á discusión; pero ésta comienza tan pronto como se trata de explicar el origen y funciones de uno y otro.

Forma-
cion de
el CCH

La opinión que más partidarios cuenta explica la génesis de los dos ácidos de esta ó parecida manera: al ingerirse los alimentos amiláceos en el estómago se convierten en glucosa, y luego la glucosa, por acción de un fermento amorfo segregado por las glándulas, ó por la de los fermentos vivos, se transforma en ácido láctico. Este ácido, en estado naciente, ataca á los cloruros, y así se engendra el clorhídrico ¹.

Con arreglo á esta hipótesis, en el primer período de la digestión no habrá en el jugo gástrico más que ácido láctico, después se encontrarán el láctico y el clorhídrico, y en el último período el clorhídrico exclusivamente, pues con su presencia se opondría á la continuación de la fermentación láctica de la glucosa.

Militan en pro de la referida hipótesis el hecho de no presentarse el ácido hidroclórico al principio de la digestión, sino quince ó veinte minutos después de la ingestión de los alimentos, y también tiene á su favor que, en las dispepsias ácidas, es tanto mayor la proporción de ácido láctico cuanto menor es la de hidroclórico.

En nuestro laboratorio sé decir que jamás he analizado jugo gástrico que no contenga los dos ácidos, y que siempre los he hallado en el agua con que he lavado el estómago de los perros sometidos á un ayuno de veinte y más horas. Esta afirmación, en la que acompaño á muchos fisiólogos, ha hecho pensar que no siempre procede el ácido láctico de la fermentación de la glucosa de los alimentos, y la sospecha ha recaído en el moco. La mucina, en efecto, se descompone por la acción de los ácidos y produce una substancia análoga á la glucosa, que bien pudiera sufrir

¹ En efecto: *in vitro*, el ácido láctico, aunque no sea naciente, reacciona con el cloruro de sodio y produce ácido hidroclórico, según he tenido ocasión de demostrar.

la fermentación láctica. De admitir el supuesto, habría lugar á este otro: que el ácido láctico formado del moco actúa sobre los cloruros que la sangre presta á las glándulas, y da origen al ácido hidrocórico. Así se explicaría la presencia de los dos ácidos por secreción del estómago, sin que intervengan para nada los alimentos.

El reconocimiento de los ácidos del estómago es operación fácil, que no exige reactivos costosos. Para el ácido hidrocórico basta una disolución de violeta de metilo, la cual se cambia en azul por dicho ácido; pero esta reacción tiene el inconveniente de que la impida la peptona, y, por tanto, casi nunca es aplicable á los productos digestivos.

Más fiel y constante, porque no la impide la peptona, es la siguiente reacción, que lleva el nombre de Uffelmann: — Mézclense cinco partes en volumen de vino tinto, y á ser posible Burdeos, con tres partes de alcohol y tres de éter; la mezcla resulta de un color rosa, y se enrojece cuando se añade un líquido que contenga ácido hidrocórico, aunque esté diluido al 5 por 10.000.

Para el ácido láctico se usa con éxito otro reactivo de Uffelmann.—Prepárase diluyendo en 20 c. c. de agua destilada 10 c. c. de una disolución al 4 por 100 de ácido fénico y añadiendo después una gota de la disolución oficial de percloruro de hierro. En cuanto cae el percloruro, toma la mezcla un bello color amatista; este color pasa á amarillo de aceite si se añade ácido láctico, y á amarillo grisáceo si en vez del láctico se usa el butírico. La finura de este reactivo alcanza á las disoluciones de ácido láctico al 1 por 10.000.

He aquí el modo de proceder:— Se filtra el líquido del estómago, y del filtrado se echa un centímetro cúbico en un tubo de ensayo. En otro tubo se pone un centímetro cúbico de agua destilada, y á los dos tubos se añade igual cantidad del licor vino-etéreo de Uffelmann. Si el líquido gástrico contiene ClH , se enrojecerá, á pesar de la dilución, y siempre queda como contraste el otro tubo con el reactivo diluido en la misma proporción.

Como la reacción del ácido láctico no consiste en un cambio de tono, sino en un cambio de color, no es preciso apelar al contraste, sino añadir á un centímetro cúbico del licor amatista unas cuantas gotas del líquido gástrico; si hay ácido láctico, inmediatamente se torna amarilla la disolución.

Fermentos del jugo gástrico.—Se encuentran evidentemente en el jugo gástrico dos fermentos amorfos reconocidos por todos: la *pepsina*, fermento proteólico, y el *cuajo*, coagulante de la leche. Pero se habla además de otros dos fermentos amorfos, sobre los cuales aún no ha acabado de declarar la experiencia: el fermento *inversivo*, que transformaría el azúcar de caña, y un fermento amorfo, que transformaría la glucosa en ácido láctico.

La existencia del cuajo se ha negado por algunos autores los cuales explican la coagulación de la leche por la acción de los microbios del estómago. No sé si esta explicación tendrá valor para el jugo gástrico humano; pero no es cierta para el de los perros. En este curso he demostrado que el jugo gástrico de estos animales coagula la leche aunque se haga aséptico con el fluoruro de sodio.

A. PEPSINA.—Es un fermento soluble, que en presencia de los ácidos transforma, por hidratación, los albuminoides en peptona. La peptonización no se verifica de un solo golpe, sino por grados, como después veremos.

La pepsina es inerte en un líquido neutro ó alcalino, y no despliega toda su actividad más que en disoluciones ácidas diluídas. Tampoco son indiferentes las calidades de ácido, y parece que los más convenientes son el láctico, el fosfórico y el clorhídrico, especialmente este último. Las disoluciones ácidas más aparentes para las digestiones *in vitro* son las de ácido hidrocórico de 1 á 4 por 1.000.

La pepsina se prepara para el comercio por un procedimiento que no es el propio de los laboratorios, y mezclada con almidón ó dextrina se expende con el nombre de pepsina amilácea. Para obtenerla en las mejores condiciones de pureza se usa en el laboratorio el procedimiento de Brücke. Helo aquí:—Se raspa la mucosa del estómago de un animal, ordinariamente el cerdo, y las raspaduras se ponen á digerir en una estufa á 40° C. con una disolución de ácido fosfórico al 5 por 100. Hecha la digestión, se añade agua de cal hasta reacción alcalina y se forma un precipitado de fosfato de cal, que arrastra consigo la pepsina.

Filtrese y trátase por el agua y el ácido hidrocórico diluido lo que queda en el filtro. Luego á este líquido, que lleva en disolución la pepsina, añádase poco á poco una solución saturada de colessterina en una mezcla de alcohol y éter, y se producirá un nuevo precipitado de colessterina, que también arrastra la pepsina. El precipitado se filtra y se lava sucesivamente con ácido acético muy diluido, con agua y con éter. El éter disuelve la colessterina y deja á la pepsina precipitada sin disolver. Sólo resta secar la pepsina obtenida á una baja temperatura, para que no se altere.

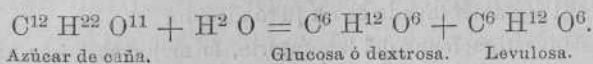
La pepsina obtenida por este procedimiento contiene nitrógeno y es muy activa.

B. CUAJO. — El líquido del lavado del estómago en ayunas, por poco ácido que contenga, coagula la leche, según tengo observado en mis experimentos en los perros. Esta coagulación, como hemos visto, no puede ser debida más que al cuajo.

Para Hammarsten, la pepsina y el cuajo se diferencian: 1.º, en que la primera se destruye á temperatura más baja que el segundo; y 2.º, en que aun cuando ambos se precipitan por el carbonato de magnesia y el acetato de plomo, la precipitación de la pepsina es completa y la del cuajo incompleta ¹.

El cuajo debe contenerse en el jugo gástrico de todos los mamíferos, y especialmente en la edad de la lactancia.

C. FERMENTO INVERSIVO. — Es un fermento amorfo que por hidratación desdobra el azúcar de caña en levulosa y dextrosa, como muestra la siguiente reacción:



Antes que este desdoblamiento tenga efecto, el azúcar de caña no reduce el licor de Fehling; después sí.

No hay acuerdo entre los autores acerca de si el fermento inversivo se encuentra ó no en el jugo gástrico; y como por una y

¹ Wirschow: *Hirsch Jahresh*, 1873, pág. 133. (Cita de Halliburton.)

otra parte se aducen hechos de peso, quise salir de dudas realizando el siguiente experimento: abrí el vientre á un perro, hice una incisión en el estómago y lo vacié de su contenido; después lavé con agua filtrada la cavidad y repetí el lavado con una disolución de fluoruro de sodio al 3 por 100, que, según experimentos anteriores, basta á impedir la acción de los microorganismos y no se opone á la de los fermentos amorfos. Seguidamente ligué el cardias y el piloro, é introduje en el estómago una disolución de azúcar de caña. Á los veinte minutos vacié el estómago; su contenido era alcalino, y, sin embargo, el licor de Fehling demostró la presencia de grandes cantidades de glucosa.

Debo advertir que, para evitar toda causa de error, ensayé con el mismo licor de Fehling la disolución de azúcar de caña y no dió reacción alguna. Por tanto, me creo con derecho á afirmar que en el jugo gástrico de los perros se encuentra el fermento inversivo.

D. FERMENTO LÁCTICO. — Hammarsten admite en el jugo gástrico un fermento capaz de transformar la glucosa en ácido láctico. Ya hemos visto que este ácido se encuentra siempre en el estómago, aun en ayunas, pero es posible que en su producción intervengan los microorganismos.

Técnica para obtener el jugo gástrico. — En el hombre puede estudiarse el jugo gástrico en los vómitos, pero en éste se encuentra, por lo general, mezclados á los alimentos. Preferible es, ya que siempre que se analiza el jugo gástrico se hace con un fin médico, lavar el estómago á los enfermos. El agua del lavado es un jugo diluido.

Para las investigaciones del laboratorio, lo mejor es hacer una fistula gástrica en un perro. Á este fin se dispone que el perro tome una buena ración de leche, para que el estómago esté distendido, y previa anestesia se practica una incisión en las paredes abdominales á la izquierda de la línea alba y paralela á ella. En cuanto se escinde el peritoneo, que debe escindirse sobre la sonda acanalada, aparece á la vista el estómago: se prende con una pinza ó con un gancho, se hace una incisión suficiente para que éntre la cánula, y se termina la operación con una doble sutura seromuscular y muco-cutánea.

En poco tiempo se cicatriza la herida y queda adherido el estómago á la pared abdominal, con una abertura que permite la observación de lo que pasa en la cavidad.

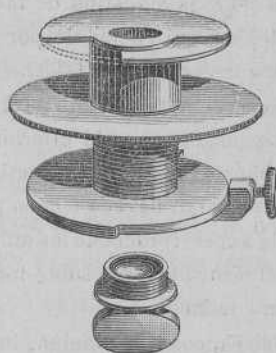


Figura 19.

Cánula gástrica de Carvallo y Langlois.

Los perros toleran perfectamente la operación, sobre todo si se usan las precauciones de asepsia que son de rigor y se les tiene á dieta las cuarenta y ocho horas que siguen á la operación.

Hasta hace poco tiempo se usaba, y aun se usa, la cánula gástrica de Cl. Bernard, que tenía el inconveniente, que yo he lamentado muchas veces, de no permitir la introducción de un dedo, de un termómetro ó de un pedazo de carne. Este inconveniente se ha remediado con una nueva cánula inventada por Carvallo y P. Langlois (figura 19), la cual, además, reúne la ventaja de poderse quitar y poner con facilidad ¹.

Acción del jugo gástrico sobre los alimentos. — El jugo, gástrico por sus propiedades ácidas y por los fermentos que contiene, coagula la leche, hincha, reblandece y disuelve los albuminoides transformándolos en peptona, disuelve las cubiertas proteicas de las células grasosas, mezcla las grasas con los albuminoides, invierte el azúcar de caña y transforma la glucosa en ácido láctico.

¹ J. Carvallo y P. Langlois: «Canule obturatrice pour fistule gastrique,» *Arch. de Physiologie*, Abril 1895, pág. 415.

La saliva sigue actuando en el estómago sobre los amiláceos, á los cuales convierte en glucosa; pero aunque esta conversión corresponde á la quimificación, no es imputable al jugo gástrico.

Mucho se ha discutido sobre la digestión de las grasas en el estómago, pero recientemente Contejean se ha decidido por la negativa después de una serie de experimentos irreprochables¹.

La digestión gástrica no es completa ni aun para los alimentos proteicos, pero es un proceso indispensable para la ulterior y definitiva digestión intestinal. Carvallo y Pachón² han logrado repetir con éxito en un perro y en un gato la gastroectomía total, llevada á cabo por Czerny, y han observado que la nutrición y la supervivencia de los animales son posibles; pero la digestión se hace difícil é incompleta, sobre todo para ciertos alimentos, como la carne cruda y la leche.

Ciertos derivados proteicos, como la mucina, la keratina y la nucleína, no se alteran por el jugo gástrico. Todos los proteicos, aunque sean coagulados, se convierten en peptona. La gelatina y la elastina se transforman en un cuerpo parecido á la peptona, y la hemoglobina se desdobra en ácido-albúmina y hematina: esta última se combina con el ácido hidróclórico, dando lugar á la hemina (véase materia colorante de la sangre), y al cabo se digiere.

La carne cocida se digiere, según mis experimentos, mucho más pronto y mejor que la cruda; en igualdad de condiciones, la digestión es tanto más fácil cuanto más dividida se encuentra.

Secreción del jugo gástrico. — La secreción es intermitente y se verifica por acción refleja, pero aún no se han podido determinar las vías nerviosas por donde se cumple el reflejo.

La excitación del pneumogástrico y del simpático producen cambios en los movimientos del estómago é influyen en la vascularización, pero hasta ahora no se ha demostrado ninguna influencia directa sobre las glándulas. Lo cierto es que basta mostrar un pedazo de carne á un perro hambriento para que la mu-

1 Contejean: «Sur la digestion gastrique de la graisse,» *Arch. de Phy.*, Janvier 1894, pág. 125.

2 Carvallo y Pachón: «Recherches sur la digestion chez un chien sans estomac,» *Arch. de Phy.*, 1894, pág. 106.—Idem. idem: «De l'extirpation totale de l'estomac chez le chat» *Arch., de Phy.*, Abril 1895, pág. 349.

cosa se colore y empiece á segregar jugo gástrico. Probablemente la impresión de los alimentos sobre la mucosa influye por acción refleja en las secreciones del estómago y en las que se vierten en el intestino, pero nuestra ignorancia es completa acerca de los factores de estos reflejos.

La cantidad de jugo segregado es tan variable como las condiciones de los sujetos, calidad y cantidad de los alimentos.

Acción antiséptica del jugo gástrico. — Diariamente se oye hablar á los médicos de esta acción, y en efecto, en el estado normal el jugo gástrico se opone á las fermentaciones microbianas, como lo prueba que el dicho jugo es incorruptible y que en el estómago existen muy pocos gases, y aun estos pocos son los componentes del aire, O, N y CO². La acción antipútrida del jugo gástrico debe ser limitada y no exclusiva, como se deduce de los experimentos de Carvallo y Pachón antes citados. Estos investigadores dieron de comer carne corrompida á un perro sin estómago y á otro semejante sano, sin que en ninguno se notase el menor accidente.

En el estado patológico cobran muchos vuelos las fermentaciones microbianas, y pueden formarse en el estómago el alcohol, los ácidos grasos y gran cantidad de gases. Estos últimos, luchando con el tono de las fibras musculares, acaban por fatigarlas y dilatan el estómago.

Peptonas. — El jugo gástrico, ó mejor dicho la pepsina, en un liquido ácido, hidrata progresivamente á las sustancias proteicas hasta convertirlas en peptonas. Estos cuerpos pueden considerarse como hidratos de albúmina; y los nombro en plural porque, como en seguida veremos, son varios los que se producen.

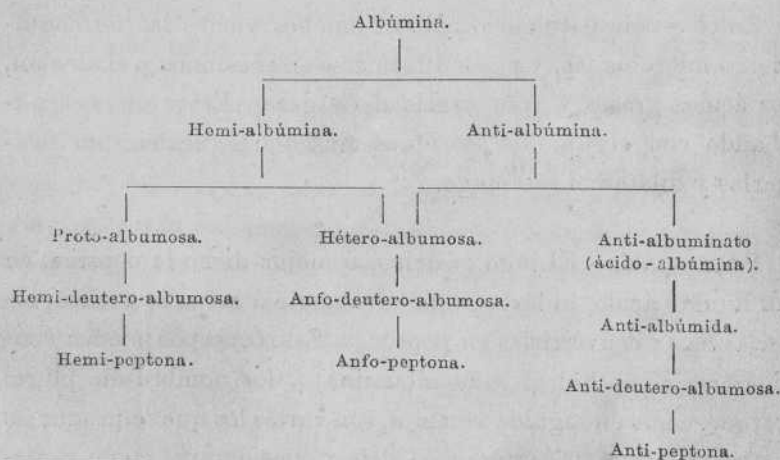
Para los fines de la digestión deben considerarse como verdaderas peptonas los hidratos de albúmina que sean solubles, osmóticos y ulteriormente aprovechables en la nutrición. Además,

proximamente la decima del peso, es la 2 L. horas.

corresponden á las peptonas los siguientes caracteres negativos: no precipitan ni se coagulan por el calor, no precipitan por neutralización, ni por el ácido nítrico, ni por el acético y el ferrocianuro potásico, ni por el sulfato de cobre. Precipitan y no se coagulan por el alcohol; precipitan igualmente por el tanino, ioduro doble de potasio, y mercurio y ácido pícrico.

El gran valor de las peptonas consiste en su gran difusibilidad ¹ que permite su absorción á través de las membranas orgánicas; las demás cualidades deben colocarse en un orden secundario, puesto que una vez absorbidas vuelven á convertirse en albúmina, y en tal estado las hallamos en los humores y tejidos. Ni aun la sangre de la vena porta, que recibe de primera mano los productos de la digestión, contiene peptona, según ha demostrado Gautier.

La molécula de albúmina, en opinión de Kühne, se desdobra por hidratación en dos grupos moleculares respectivamente conocidos por la palabra inicial *hemi* y *anti*; y, por sucesivas hidrataciones, cada uno de estos grupos engendra una serie de cuerpos que terminan respectivamente en



¹ Según Funke, el equivalente endosmótico de las peptonas varía entre 7,1 y 9,9 para las disoluciones de concentración media; el de la albúmina es superior á 100.

hemi-peptona y anti-peptona: la primera se descompone por la acción del jugo pancreático en leucina y tirosina; y la segunda es incapaz de ulterior descomposición por los jugos digestivos.

Estudios posteriores han demostrado que los desdoblamientos é hidrataciones son más complejos de lo que Kühne creía, según enseña el anterior esquema que he copiado de Halliburton ¹.

Reacciones de las peptonas. — La *proto-albumosa* es soluble en el agua fría y caliente y en las disoluciones salinas diluidas: precipita por saturación con el cloruro de sodio y el sulfato de magnesia.

La *hetero-albumosa* es insoluble en el agua, soluble en las disoluciones de cloruro de sodio, desde 0,5 á 15 por 100, y precipita por el calor á los 65° C. Precipita por saturación con el cloruro de sodio, y cuando se la priva de sales por diálisis.

La *deutero-albumosa* es soluble en el agua caliente y fría y no precipita por neutralización, ni por saturación, ni por diálisis, ni por el sulfato de cobre. Se acerca más á la peptona que á la albúmina.

Las tres albumosas precipitan por el sulfato de amoniaco en polvo.

Las albumosas y peptonas dan con el amoniaco la potasa ó la sosa, y el sulfato de cobre la reacción del biuret. He aquí las reacciones diferenciales entre la albúmina y las peptonas:

La albúmina, con el amoniaco y el sulfato de cobre, produce un color azul parecido al del licor de Fehling. Las peptonas ó albumosas, con los mismos reactivos, dan color violeta.

La albúmina con la potasa ó la sosa y el sulfato de cobre, da color violeta; las peptonas y albumosas, color púrpura.

Digestiones artificiales. — Son tan útiles en los laboratorios como en la práctica médica. Ateniéndonos á esta última, suelen ser frecuentes las ocasiones en que un médico se encuentra perplejo en el diagnóstico de un enfermo que no digiere bien los alimentos, é interesa averiguar qué le falta á su jugo gástrico.

Al efecto, tómense tres partes iguales del jugo gástrico que se quiere analizar y échense en tres tubos de ensayo con tres pedacitos iguales de fibrina recientemente obtenida por el batido de la sangre; al contenido de un tubo añádanse dos ó tres gotas de ácido hidrocórico, y señálese con la letra A; al segundo tubo añádase una corta cantidad de pepsina y póngasele

¹ Halliburton, obra citada, pág. 646.

la letra *B*; y el tercero, que se marca con la letra *C*, déjese sin añadirle cosa alguna. Colóquense los tres tubos en una estufa á 40°C., por espacio de seis ú ocho horas, y al cabo obsérvese el estado de la fibrina: si se ha disuelto en el tubo *A* y no en los *B* y *C*, es que faltaba ácido al jugo; si en el *B* está disuelta y no en *A* y *C*, lo que faltaba era pepsina; y si en los tres tubos se encuentra la misma disolución, el jugo puede darse por apto para la digestión y buscar otra causa á la dispepsia. Es de advertir que el pedacito de fibrina rara vez se disuelve completamente, porque á medida que se forma la peptona se va debilitando la acción de la pepsina; pero por comparación se obtienen las diferencias con la bastante certidumbre.

Para analizar los productos de la digestión, debe empezarse por diluir el quimo en agua destilada y filtrarlo: después se calienta hasta la ebullición, y si hay precipitado es de albúmina ó de hetero-albumosa. Filtrese de nuevo y neutralícese con un álcali: el segundo precipitado débese á la ácido-albúmina ó sintonina.

Tercera filtración y saturación con el sulfato de amoníaco: este reactivo precipita todas las albumosas.

Después de la cuarta filtración, las substancias que permanecen disueltas en el líquido son las peptonas, las cuales se reconocerán por las reacciones con el sulfato de cobre y el amoníaco, la potasa ó la sosa, según dejamos indicado anteriormente.

La acción del jugo gástrico sobre
las albumosidades tiene entre tres partes:
1.ª Transformación de las albumosidades en
sintonina ó albumina acida
2.ª La sintonina pasa á albumina
3.ª La albumina se convierte por fin
en peptonas.
(Explicaciones de Cl. Lussan)

Lección XIX.

Parte química de la digestión (Bilis).

Sumario. — Digestión intestinal. — Bilis. — Composición de la bilis. — Reacción de las sales y pigmentos biliares. — Historia de los principales componentes de la bilis. — Sales biliares. — Pigmentos. — Colesterina. — Reacción de la colessterina. — Grasas, urea y ácido úrico. — Acción de la bilis sobre los alimentos. — Técnica para recoger la bilis. — Secreción. — Influencia del sistema nervioso en la secreción y excreción de la bilis.

Digestión intestinal. — El quimo ácido que vierte el estómago en el duodeno es neutralizado por la alcalinidad de la bilis, é inmediatamente comienza un proceso conocido con el nombre de quilificación. Á este proceso contribuyen los siguientes factores: 1.º, la bilis segregada por el hígado; 2.º, el jugo pancreático con todos sus fermentos; 3.º, el jugo intestinal con los suyos; y 4.º, los microorganismos del intestino. Estos últimos viven lozanos en un medio alcalino y desplegan su acción sobre las sustancias alimenticias, sin otros frenos que los que les impone el tiempo y la densidad de los productos de sus fermentaciones. Por estas fermentaciones microbianas hay constantemente gases en los intestinos.

Estudiaremos sucesivamente cada uno de los factores que hemos mencionado.

Bilis. — Es el principal, aunque no el único producto segregado por el hígado. Esta glándula, la más interesante y volumi-

nosa del cuerpo, produce, por actividad del protoplasma de sus células, multitud de productos, de los cuales unos se reservan en las mismas células (glucógeno y grasa), otros se vierten en la sangre (glóbulos, glucosa, urea), y otros se excretan al intestino (bilis). Por esta multiplicidad de productos hemos de estudiar al hígado en diversos capítulos, según que consideremos su función *glucogénica*, *hematopoiética*, *antitóxica* y *biliar*, bien entendido que tan múltiples funciones no son más que aspectos del metabolismo de las células hepáticas; de donde se deduce que la formación del glucógeno se concierta con la secreción de la bilis, y entrambas con la hematopoiética ¹.

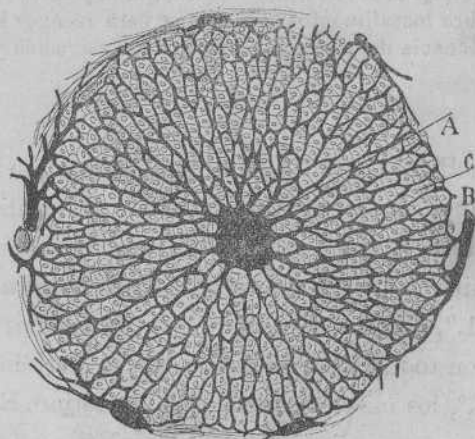


Figura 20.

Corte de un lobulillo hepático del conejo ².

La misma estructura del hígado nos suministra indicios del mecanismo de sus funciones. Compónese el hígado (figura 20) de lobulillos semejantes, y

1 Metabolismo, del griego Μεταβολή, mudanza, cambio, se usa en el sentido de transformación.

Hamatopoiético, de αἷμα, sangre, y Ποιέω, ἵσω, hacer, fabricar.

2 Inyección de la vena porta con carmín. A, vena central; C, islotes celulares; B, venillas peri-lobulares procedentes de la porta (S. R. y Cajal).

cada uno de éstos, de un grupo de células glandulares, llamadas hepáticas. El lobulillo se encuentra circundado de una corona de vasos, relativamente gruesos, procedentes de la capilarización de la vena porta, y de estos vasos nace una red de capilares que convergen al centro del lobulillo para constituir una venilla suprahepática. Además de esta red de vasos, se encuentra otra de tubillos sumamente finos, especie de conductos intercelulares, sin paredes propias y limitados por las cutículas de las células hepáticas: son los capilares biliares que conducen la bilis á los conductos del mismo nombre. En las mallas de esta doble red de capilares, sanguíneos y biliares, se encuentran las células hepáticas, las cuales están orientadas de suerte que por un lado miran al capilar sanguíneo y por el opuesto al biliar. Si el hígado no vertiese sus productos en la sangre (secreción interna) á la vez que en los conductos biliares (secreción externa), podría decirse, dada la situación de sus células, que éstas recibían, por un lado, de los capilares sanguíneos las primeras materias de su industria, y por el opuesto vertían los productos de su fabricación en los canículos biliares.

En las células hepáticas se encuentran, como indicios de sus funciones, gránulos de glucógeno, grasa y materias colorantes, las cuales tienen tanto parentesco con las de la sangre como con las de la bilis.

Á estos indicios suministrados por la Histología hay que añadir el hecho anatómico de recibir el hígado un torrente de sangre que arrastra desde los intestinos los productos de la absorción digestiva, y por la vena esplénica los glóbulos rojos recién formados en el bazo. Este sólo dato anatómico nos hace sospechar que el hígado debe influir muy principalmente sobre las primeras materias que ingresan, y ya veremos á *posteriori* lo fundado de esta suposición.

La bilis, recién extraída de la vesícula biliar, es un líquido denso, viscoso, de color amarillo dorado, de olor á nuez moscada, de sabor dulce y amargo y de reacción alcalina. *reacción al-*

~~La viscosidad y la reacción alcalina se deben al moco que prestan á la bilis las glándulas mucosas de la vejiga y conductos biliares; el sabor dulce, á la glucocola ó azúcar de gelatina; el amargor, á las sales biliares; y el color amarillo dorado, al predominio de una de las materias colorantes, la bilirubina. En los hervívoros predomina otra materia colorante de color verde, la biliverdina, y por eso es de este color la bilis. La bilirubina se oxida al contacto del aire y por la acción de los ácidos, y se con-~~

*Los ácidos en la bilis de hombre, buey, vaca, etc.
hallados en menor en la de los herbívoros*

vierte en biliverdina; por esta razón son verdes los vómitos biliosos en el hombre y cambia en verde el color rojo de la bilis que se abandona al aire.

Composición de la bilis. — Varía mucho en las diversas especies animales, pero siempre se caracteriza por dos series de cuerpos: las sales de los ácidos biliares y los pigmentos ó materias colorantes. Los demás componentes de la bilis no son exclusivos de este humor, por cuanto se encuentran en la sangre; tales son la colessterina, las grasas, la lecitina, la urea y las sales inorgánicas. *0.3 CO₂ 5.00*

La proporción de estas sustancias en la bilis, y sobre todo la cantidad de agua que las diluye, debe ser muy variable aun para una misma especie en las diversas condiciones. Pruébanlo los siguientes análisis de bilis humana ¹:

COMPOSICIÓN DE LA BILIS HUMANA NORMAL

	Según Coopeman y Winston.	Según Frerichs.	Según Gad y Heymans.
Agua.....	98,557	85,920	85,920
Sales biliares.....	0,628	9,140	9,140
Colesterolina, lecitina y grasas...	0,099	1,180	0,48
Moco y pigmentos.....	0,245	2,980	2,98
Sales inorgánicas.....	0,451	0,78	0,77

Las sales inorgánicas son el cloruro de sodio, el fosfato de sosa, fosfatos de cal y de magnesia, sulfato de cal é indicios de óxido de hierro.

Reacciones de la bilis. — Las dos clases de sustancias que dan carácter á la bilis se caracterizan á su vez por reacciones muy aparentes: para las sales biliares, la reacción de Pettenkofer; y para los pigmentos, la de Gmelin.

Reacción de Pettenkofer. — Mézclese en igualdad de volúmenes la bilis, ó el líquido sospechoso de contenerla, y una

¹ Los dos primeros análisis los inserta Halliburton en su obra ya citada, pág. 676, y el último aparece en el *Tratado de Fisiología* de sus autores, pág. 435.

disolución concentrada de azúcar de caña; añádase gota á gota ácido sulfúrico, y se verá aparecer en el fondo del tubo de ensayo un bello color rojo púrpura, que se va acentuando y extendiendo á medida que se adiciona ácido. El tubo se pone muy caliente por la reacción. Todas las bilis de animales que he analizado, incluso la de la rana, dan esta reacción y la de Gmelin.

Á la reacción de Pettenkofer se la llama del *furfur-aldehído*, y la produce también el naftol *a*.

Reacción de Gmelin. — Póngase una pequeña cantidad de bilis en una capsulita de porcelana, y déjese caer una gota de ácido nítrico impuro, es decir, que contenga vapores nitrosos. En cuanto cae la gota de ácido sobre la bilis, se producen una serie de ondas coloreadas en verde, azul, violeta, rojo y amarillo. Agitando la mezcla queda fijo el último color.

Historia de los principales componentes de la bilis. —

a. SALES BILIARES. — Son dos á base de sosa, que se conocen respectivamente con los nombres de glicocolato y taurocolato de sosa. Resultan de la combinación, con la dicha base, de dos ácidos conjugados, el glicocólico y el taurocólico. Entrambos ácidos son levógiros y tienen un factor común, el ácido colálico, el cual se une á la glucocola y á la taurina para constituirlos.

El ácido colálico es ternario y tiene por fórmula $C^{25}H^{40}O^5$; no se encuentra en la economía más que en la bilis, y se ignoran sus progenitores. Se ha pensado, en vista de los productos de su descomposición, si tendría relaciones con el ácido oleico.

La glucocola ó glicina es un ácido amido acético que más tarde encontraremos combinado con la cinamida constituyendo la creatina, ó con el ácido benzoico formando el ácido hipúrico.

La taurina es un ácido amido-éter-sulfúrico y es especial de la bilis. Con este humor se vierte en el intestino bajo la forma de ácido tauracólico, y luego, por descomposición del mismo, queda libre, se reabsorbe y vuelve al hígado para reconstituirlo de nuevo. En los animales que sufren una fístula

161

168

176

biliar con pérdida de este humor, la nutrición se resiente, especialmente en los tejidos córneo y piloso, que contienen azufre.

El ácido glicocólico abunda más que su congénere en la bilis humana, y aumenta con la dieta vegetal. En el intestino se desdobra en glucocola y en ácido colálico; la glucocola se reabsorbe y el ácido se transforma.

El ácido taurocólico predomina en la bilis de los carnívoros.

Las dos sales de los ácidos biliares están disueltas en la bilis y sirven á su vez de disolvente á la colesiterina, grasas, jabones y materias colorantes.

El origen de los ácidos biliares permanece en el misterio; sólo sabemos que se forman exclusivamente por el hígado y que no se hallan en ninguna otra parte del organismo. Cuando se extirpa el hígado á las ranas, las sales biliares desaparecen de la economía.

b. PIGMENTOS BILIARES. — Son dos principales, que se denominan, respectivamente, *bilirubina*, de color de naranja, y *biliverdina*, verde. De estos pigmentos, ó por mejor decir, del primero, derivan los demás por oxidación, hidratación y reducción.

La bilirubina tiene por fórmula, según Städeler y Maly, $C^{16}H^{18}N^2O^3$; y la biliverdina, según Thudichum, $C^8H^9NO^2$; de donde se deduce que esta última es más oxidada que la primera. Se diferencian entre sí, además de por el color, por sus disolventes: la bilirubina es insoluble en el agua, incompletamente soluble en el alcohol y en el éter, y soluble en el cloroformo, ácidos y álcalis: la biliverdina es insoluble en el agua, alcohol y cloroformo, y casi insoluble en el éter.

Cuando se trata la bilis por un oxidante enérgico, v. gr., el ácido nítrico nítrico (Reacción de Gmelin), la bilirubina se oxida, pasando por diferentes grados, que se señalan por otros tantos colores. Cada uno de estos grados de oxidación ha recibido un nombre, y así, por ejemplo, se llama bilicianina al que produce el color azul.

Por la acción de los álcalis y por efecto de la putrefacción, el pigmento

biliar se hidrata á la vez que se oxida, y produce un cuerpo de color rojo obscuro, llamado *hidrobilirubina*. Este cuerpo es soluble en el agua, en las disoluciones salinas y en los álcalis, y según opinión de muchos fisiólogos, es idéntica á las materias colorantes de las heces (*estercobilina*) y de la orina (*urobilina*).

Los pigmentos biliares son elaborados por las células hepáticas á expensas de las materias colorantes de la sangre. Demuéstranlo los siguientes hechos:

1.º En las células hepáticas se encuentra una materia colorante amarilla, que debe tener relaciones con las de la sangre y los pigmentos biliares.

2.º Inyectando hemoglobina (materia colorante de la sangre) en la vena porta, aumenta la secreción de bilirubina (Naunyn).

3.º La urobilina aumenta en todas las enfermedades que se acompañan de destrucción de los glóbulos rojos (Viglerio).

4.º La bilirubina es idéntica á la *hematoidina*, substancia que deriva de la materia colorante de la sangre y que aparece naturalmente en los focos hemorrágicos antiguos.

5.º *In vitro*, las células hepáticas descomponen la hemoglobina en presencia del glucógeno, y con más energía en presencia de la glucosa.

Este último hecho indica las relaciones de la glucogénesis y hematopoiesis con la secreción biliar. Debo añadir que los ácidos biliares ejercen una acción destructiva ó disolvente sobre los protoplasmas, y bien pudieran influir en la *globulisis* que se verifica en el hígado.

Los pigmentos biliares, en parte se expulsan al exterior con las heces y en parte se reabsorben, dando origen á otras materias colorantes, entre ellas á la urobilina.

c. COLESTERINA. — Tiene por fórmula $C^{26}H^{43}(HO)$ y se considera como un alcohol monoatómico distinto á los que dejamos estudiados en la lección correspondiente.

La colessterina es insoluble en el agua, soluble en el alcohol,

$C_{32}H_{36}N_2$
 $FeO_2 + 2H_2 - Fe = C_{32}H_{36}N_2$

éter, cloroformo, y en las sales alcalinas de los ácidos biliares. Cristaliza con y sin agua de cristalización, y es un producto excrementicio de muchos tejidos, especialmente del nervioso: como tal producto excrementicio se encuentra en la sangre y sale con la bilis. La colessterina abandona el organismo con las heces.

Reacción de la colessterina. — Se hace una preparación microscópica de cristales de colessterina y se la calienta con una mezcla de ácido sulfúrico y agua: los ángulos de los cristales se ponen rojos.

Una disolución de colessterina en el cloroformo toma color rojo, que pasa á púrpura cuando se le añade igual volumen de ácido sulfúrico y se agita la mezcla.

d. GRASAS, UREA Y ÁCIDO ÚRICO. — Agrupo substancias tan diferentes en su naturaleza química, porque su origen está relacionado como el del glucógeno, con el metabolismo de las células hepáticas. Probablemente, por industria de estas células, tiene lugar en el hígado el desdoblamiento de la albúmina absorbida en el intestino, y como productos de este desdoblamiento pueden resultar: de una parte, cuerpos ternarios como la grasa y el glucógeno; y de otra, cuerpos cuaternarios muy azoados y oxidados, como el ácido úrico y la urea. Por lo que respecta al glucógeno, el hecho es cierto; y por lo que hace á la grasa y á la urea, la convicción de los fisiólogos es cada día mayor.

Acción de la bilis sobre los alimentos. — La bilis no contiene, ó al menos no se ha demostrado que contenga, fermento alguno; sin embargo, su papel es interesantísimo en la digestión intestinal.

Al verterse el quimo en el duodeno, hemos dicho que le sale al encuentro la bilis para neutralizar su acidez y disponerlo á la acción del jugo pancreático, cuyos fermentos sólo pueden obrar en un medio alcalino. Al propio tiempo la bilis precipita á la albúmina no digerida y á las albumosas. La peptona no se pre-

cipita. La bilis acrecienta la energía del jugo pancreático para digerir los proteicos, como he tenido ocasión de aprender comparando la actividad digestiva del jugo pancreático en presencia y en ausencia de la bilis.

Sobre los alimentos amiláceos la bilis no tiene acción directa; pero sin que se sepa por qué, la acción del fermento amilolítico del jugo pancreático es más fácil y completa en presencia de la bilis. Lo propio ocurre con las grasas; pero es de advertir que las grasas se emulsionan y disuelven en la bilis. Es de conocimiento vulgar el hecho de que la bilis disuelve las grasas, y como tal disolvente se usa para quitar las manchas oleosas.

Se ha dicho que la bilis favorece la absorción de las grasas, y se funda esta opinión en que las membranas vegetales y animales, impregnadas de bilis, se hacen permeables para dichas sustancias.

Otras dos acciones se achacan con fundamento á la bilis: una acción *antiséptica* y otra *purgante* ó colagoga. Respecto á la antiséptica, lo primero que se ocurre es que, de ser cierta, debe ser muy limitada, puesto que la bilis misma se corrompe. Probablemente, como dice Halliburton, la acción antiséptica es indirecta, y se explica por la excitación que ocasiona la bilis en las fibras musculares del intestino; de esta suerte se acelerarán los movimientos peristálticos, y la menor permanencia de las heces en el intestino abrevia las fermentaciones microbianas.

La acción colagoga, ó purgante de la bilis, es de experiencia vulgar, y se debe á la aceleración de los movimientos peristálticos.

Técnica para recoger la bilis. — Para analizarla, basta sacar la vejiga biliar de cualquier animal que haya servido para algún otro experimento. Siempre que en el laboratorio se me ocurre enseñar á los alumnos las reacciones de Pettenkofer ó Gmelin, se sacrifica, al efecto, una rana, que es animal de poco precio.

Si se desea estudiar la secreción, se practica una fístula en un perro, bien en la vejiga, bien en el conducto hepático ó en el colédoco.

La bilis en el hombre sólo se puede estudiar en los cadáveres, en los vómitos biliosos ó en los casos en que el cirujano practica la abertura de las vías biliares para extraer cálculos ó con otro fin terapéutico.

Secreción de la bilis.—La secreción de la bilis es continua y se exagera durante la digestión. La excreción ó versión de la bilis en el intestino es intermitente y tiene lugar en el período digestivo: en ayunas, la bilis que se va segregando se acumula en la vejiga, y allí se concentra por pérdida de agua (que se reabsorbe) y ganancia de mucina que segregan las glándulas mucosas.

La mayor actividad secretoria en el período digestivo se explica por acción refleja, cuyo origen está en la impresión que causan los alimentos en el estómago, y está favorecida por los cambios vasculares que se verifican en el intestino. Los vasos intestinales se dilatan, y en consecuencia la sangre llega en abundancia y con mayor presión y velocidad al hígado.

En la hipersecreción digestiva de la bilis se observan dos máximas: una que coincide con la llegada de los alimentos al estómago, y otra que se verifica de dos á doce horas después, pues en este punto no hay acuerdo entre los observadores.

La cantidad de bilis segregada no puede calcularse exactamente. Cooperman y Winston, en una mujer de corta estatura que tenía una fistula biliar, la tasaron en 700 ú 800 centímetros cúbicos al día. Estas cifras no pueden darse por exactas, pues la cantidad de bilis segregada varía en las diversas condiciones, y, sobre todo, es relativa á la alimentación. La secreción es máxima con una dieta de carne, disminuye con un régimen animal y baja al mínimo con una dieta exclusiva de grasas. La inanición suprime la secreción.

Excreción de la bilis.—El líquido segregado corre por los conductos biliares gracias á la *vis á tergo*, y favorecido en su curso por los movimientos respiratorios del diafragma. Tam-

(1) Tiene lugar mediamente un proceso de oxidación de los alimentos en el hígado, y los productos de la combustión se encuentran en la bilis.

bién debe influir la aspiración torácica en la circulación hepática y por ende en la biliar.

La presión de la bilis en los conductos biliares gruesos equivale á una columna de agua de 20 centímetros de altura: esta presión monta más que la de la sangre en la vena mesentérica, lo cual es un nuevo argumento en favor de la actividad del hígado.

Luego que la bilis llega á los conductos gruesos, las contracciones de las fibras musculares de que están provistos y las de las fibras de la vejiga concluyen la versión de la bilis en el intestino.

Influencia del sistema nervioso en la secreción. —

El hígado recibe nervios del plexo celiaco y proceden de tres orígenes: del pneumogástrico (sobre todo del izquierdo), del diafragmático ó frénico y del simpático. La acción de estos nervios es muy evidente sobre la función glucogénica, como veremos más adelante; y dadas las relaciones entre el glucógeno y la bilis, es indudable que deben influir también en la secreción de ésta; pero hasta la fecha, esta influencia no se ha podido demostrar directamente, ni por excitación ni por sección de los vagos y esplánicos.

Desde luego dichos nervios influyen en la vascularización del hígado, ya estrechando, ya dilatando los vasos, y estos cambios de calibre han de traducirse por variaciones en la secreción (Heidenhain).

También es probable que tanto la hipersecreción digestiva como las contracciones de las vías biliares en la excreción se verifiquen por acción refleja; y, gracias á los concienzudos trabajos de Doyon ¹, sabemos que la excitación de los esplánicos provoca contracciones de los conductos y de la vesícula, y la

¹ Doyon: «Action du Système nerveux sur l'appareil excreteur biliaire;» *Archives de Physiolog.*, Janvier, 1894, pág. 29.

(1) únicamente en el bazo
(2) en el estomago, intestino y páncreas.

misma excitación del cabo central de uno de los pneumogástricos produce contracción de las dichas vías biliares y relajación del esfínter duodenal. En suma, el aparato excretor de la bilis está gobernado por el sistema nervioso con gobierno tan regular, que la excreción se verifica ordenadamente y cuando conviene á los fines de la digestión.

Secrecion biliar. Hay lo mismo en ayunas y con una u otra dieta dos maximas de secrecion i demas de las anteriormente citadas y que corresponden una a las 9 de la mañana y la segunda a las 7 de la tarde.

Leccción XX.

Parte química de la digestión

(Jugo pancreático.)

Sumario: Jugo pancreático.—Composición.—Fermentos que contiene.—Técnica para obtener el jugo pancreático.—Digestiones artificiales.—Acción del jugo pancreático sobre los alimentos.—Secreción del jugo pancreático.

Jugo pancreático.—El páncreas es una glándula que, como el hígado, posee secreción interna y externa, con la particularidad de que la primera es más importante que la segunda, pues los animales sucumben por la falta del páncreas, y no por privación del jugo pancreático. Sin embargo, aunque no indispensable para la vida, el jugo pancreático juega un papel interesante en la digestión, por llevar fermentos para transformar las tres clases de principios inmediatos: albuminoides, amiláceos y grasos.

El jugo pancreático que se da por normal, y que se obtiene á favor de una fistula del conducto de Wirsung, en el período de la digestión, es un líquido claro, viscoso y casi filante como la clara de huevo: abandonado á sí mismo produce un coágulo gelatinoso, y se coagula también por el calor como la albúmina. Tiene reacción alcalina muy pronunciada y la debe al fosfato y carbonato de sosa.

He aquí, según Herter, la composición del jugo pancreático

humano obtenido de una fistula. Este liquido no era viscoso, y dudo que fuera normal:

Agua..... 976.

Materias sólidas..... 24 = Materias orgánicas 18 + Sales 6.

Entre las sales se han encontrado en los diversos análisis los cloruros de sodio y de potasio, fosfatos y carbonatos de sosa, cal y magnesia. Entre las sustancias orgánicas se cuentan la albúmina y álcali-albúmina, mucina, leucina, tirosina, xantina y jabones: Además, posee el jugo pancreático tres ó cuatro fermentos.

Por todo lo cual, resulta uno de los líquidos más densos y más alcalinos de la economía y el más digestivo de todos. *(*)* *d = 1.030*

Fermentos del jugo pancreático.— Posee el jugo pancreático dos fermentos poderosos y bien conocidos: la *tripsina* ó *pancreatina*, de la clase de los proteolíticos; y la *amilosa* ó *ptialina pancreática*, de la de los amilolíticos; pero además se describen otros dos, cuyas acciones se suponen, sin que aún se les haya aislado: un fermento *esteatolítico*, y el *cuajo*, análogo este último, al que hemos estudiado en el jugo gástrico.

a. **TRIPSINA.**— Recibió este nombre de Kühne. Es un fermento proteolítico, que se diferencia de la pepsina por estas tres condiciones:

1.^a Sólo es activa la tripsina en un medio alcalino, mientras que la pepsina sólo actúa en presencia de los ácidos.

2.^a La pepsina termina su acción en la hemipeptona, en tanto que la tripsina descompone á la hemipeptona en leucina, tirosina y otros productos.

3.^a La acción hidratante de la tripsina es más poderosa, y se extiende á mayor número de albuminoides que la de la pepsina; ejemplo: la elastina es más atacada en la digestión tripsica que en la péptica, y la nucleína, que no se disuelve en el jugo gástrico, lo hace en el pancreático.

Las disoluciones alcalinas más aparentes para las digestiones tripsicas son las de carbonato de sosa desde 0,25 á 1 por 100.

He aquí el método propuesto por Kühne para preparar la tripsina ¹: La glándula, fresca ó seca, se corta en fragmentos menudos y se la lava en una disolución de ácido salicílico al 1 por 1.000 y á 0°C. Después se la pone á digerir en la antedicha solución por espacio de cuatro horas, y luego, durante doce horas más, en una solución alcalina de carbonato de sosa al 5 por 1.000 con un poco de timol: los dos extractos, ácido y alcalino, se mezclan y se les adiciona un 50 por 100 de sosa; se filtra la mezcla, se acidula con el acético y se satura con el sulfato de amoniaco. El precipitado que se forma contiene toda la tripsina; se la vuelve á disolver en el agua, se filtra de nuevo y se somete el líquido á la diálisis para privarle de las sales, de la peptona y de la leucina; y, en fin, se precipita á la tripsina de su disolución, por el alcohol.

b. AMILOSA. — Este fermento es análogo al de la saliva y tiene la misma acción sobre los feculentos, á los cuales hidrata, convirtiéndolos en dextrina y maltosa. Sea porque la amilosa pancreática es más activa que la salival, sea por la acción favorable de la bilis, ó porque los alimentos llegan ya muy trabajados al intestino, es lo cierto que la digestión de los amiláceos no es completa hasta la quilificación. ⁽¹⁾

Kröger obtiene la amilosa pancreática precipitándola con el acetato de plomo, y Conhehim por el método de la cal, que ya describimos al tratar de la saliva.

c. FERMENTO ESTEATOLÍTICO. — El jugo pancreático emulsiona las grasas y las saponifica, desdoblándolas en ácidos grasos y en glicerina. Esta acción, que es muy cierta, puede explicarse sencillamente por ser viscoso y alcalino el jugo pancreático, y también por la acción de los fermentos vivos. Prescindiendo de éstos, pues la saponificación por el jugo pancreático puede obtenerse en condiciones asépticas, se inclinan los fisiólogos á admitir la influencia de un fermento amorfo saponificante. ⁽²⁾ [Dicho

¹ Citado por Gautier: *Chimie biologique*, pág. 561.

⁽¹⁾ Según Krogh y Jorcsfeld, la amilosa falta en el jugo pancreático de los recién nacidos por esta causa nientan mal á los niños los casos feculentos.

⁽²⁾ Se fundan en su existencia en que el jugo pancreático

fermento no se ha aislado; se destruye por el alcohol y no se disuelve en la glicerina, circunstancias entrambas que le separan de sus congéneres.

Si se considera que la alcalinidad del jugo le hace apto para saponificar las grasas, y que se trata de un fermento hipotético, admitido unas veces, negado otras, nunca aislado y que se diferencia de los demás fermentos, hay lugar á dejarlo todavía en duda hasta que nuevas investigaciones le den sanción definitiva.)

d. CUAJO. — El jugo pancreático, *in vitro*, coagula inmediatamente la leche, de donde se deduce que debe contener cuajo. Sin embargo, en la digestión ordinaria no debe tener mucha parte este fermento, porque la leche llega al intestino coagulada y medio digerida por el jugo gástrico. Recuérdese, además, que la leche se digiere mal por los perros á quienes se ha privado de estómago.

Técnica para obtener jugo pancreático. — Cuando únicamente se desea demostrar el poder digestivo del páncreas, basta hacer un extracto glicérico de su tejido, pues la experiencia ha enseñado que este extracto, en disolución alcalina y á una temperatura media, sirve para peptonizar la fibrina y sacarificar el almidón. El extracto se prepara del modo siguiente: Extráigase el páncreas de un animal recién sacrificado, córtese con unas tijeras en menudos fragmentos, desángrese este picadillo con agua filtrada, y luego añádase cinco veces su peso de glicerina, é igual cantidad de una disolución de ácido salicílico al 1 por 1.000. Guárdese la mezcla en un sitio fresco.

Mas si se quiere estudiar el jugo, precisa practicar una fístula del conducto de Wirsung en un perro. Al efecto, previa anestesia y demás operaciones preliminares, se practica una incisión de ocho centímetros, paralela á línea alba y sobre el borde externo del músculo recto del abdomen, en el hipocondrio derecho: á la vista el peritoneo, se escinde sobre la sonda acanalada, y si no aparece se busca fácilmente el duodeno, sirviendo de punto de referencia la porción pilórica del estómago: hallado el duodeno, pronto se encuentra la desembocadura del conducto colédoco, y poco más abajo (de 2 á 6 centímetros) el conducto pancreático rodeado por vasos y nervios. Con paciencia, y absteniéndose de emplear instrumentos de corte, se aísla el conducto, se le hace un piquete con las de tijera y por él se introduce la cánula, provista de su mandril. La operación se termina atando el

hervido pierde su poder digestivo sobre las grasas. Recuérdese que por la ebullición se destruyen los fermentos amiláceos. Pero la estearasa aun no ha sido aislada en condiciones de pureza.

conducto á la cánula, reduciendo el intestino y suturando la herida abdominal. La cánula queda fuera de la herida, y á su extremidad (de la cánula) puede atarse un pequeño saco de cautchuc para recibir el jugo. Pero el toque de la dificultad, y prescindiendo de las complicaciones operatorias, está en impedir que el perro se arranque la cánula luego que vuelve de la anestesia. Por esta causa, y porque el páncreas enferma y nunca el jugo, puede considerarse normal; la operación de la fistula sólo tiene un interés didáctico.

Para las investigaciones de laboratorio conviene mejor la resección de una porción de duodeno con el conducto de Wirsung por el método de Thiry, que pronto estudiaremos.

Digestiones artificiales. — Úsese el jugo pancreático puro ó un extracto glicerolado de páncreas, son fáciles de practicar las digestiones artificiales. Tómense tres tubos de ensayo señalados con las letras *A*, *B* y *C*, y échese en cada uno de ellos una porción igual del líquido digestivo alcalinizado con el carbonato de sosa, si ya no tuvieran reacción alcalina propia: en el tubo *A* póngase una rodajita de albúmina de huevo coagulada; en el *B* un pedacito de fibrina, y en el *C* un poco de engrudo de almidón. Colóquense los tres tubos en la estufa, á 40° C. Á los pocos minutos puede demostrarse en *C* la presencia de glucosa, y á las dos ó tres horas la fibrina de *B* está disuelta ó á punto de disolverse. La albúmina de *A* tarda mucho más tiempo en digerirse.

Es de notar que, mientras los albuminoides se hinchan antes de ser disueltos por el jugo gástrico, en la digestión pancreática son corroídos y disueltos sin previa hinchazón. (A)

La acción del páncreas sobre las grasas no puede demostrarse con el extracto glicérico, pero es muy aparente, aun á la temperatura ordinaria, con el jugo natural: basta mezclarle con el aceite y agitar la mezcla para ver los efectos físicos de una emulsión perfecta.

Acción del jugo pancreático sobre los alimentos. —

De todo cuanto llevamos expuesto se concluye que el jugo pancreático digiere las tres clases de principios inmediatos, produciendo respectivamente glucosa, peptona y jabones. Sólo escapan á su acción: entre los hidratos de carbono, el azúcar de caña; y de los proteicos insolubles, la substancia cológena, la keratina y la quistina.

Peptonización ó mayor hidrólisis de la proteína que se realiza por transformación de las albúminas en albúminas y de las albúminas en peptonas y de descomposición de algunas de ellas

En cuanto á los productos de la digestión de los albuminoides, además de la peptona, la leucina y la tirosina, ya mencionados, se cuentan los ácidos aspártico y glutánico y el amoníaco?

Secreción del jugo pancreático. — Por la cánula colocada en el conducto de Wirsung de un perro en ayunas, no se vierte una gota de líquido; pero la secreción comienza muy activa desde que los alimentos caen en el estómago y continúa por espacio de nueve á doce horas después. La secreción del jugo pancreático es, pues, intermitente y acondicionada á la digestión, cuyas fases sigue.

El páncreas, anatómicamente considerado, es una glándula tubular ampulosa, que se parece por su estructura á las salivares albuminosas. Los cambios que se manifiestan en su células secretorias á consecuencia del trabajo digestivo, fueron estudiados minuciosamente por Heidenhain, y después por muchos investigadores. En ayunas, se observan dos zonas celulares perfectamente distintas: una parietal, de protoplasma, que se tiñe por el carmín, y otra central del protoplasma turbio, granuloso y no coloreable: después de un período secretorio laborioso, las células de la zona central aparecen pequeñas, retraídas y se tiñen por el carmín y la hematoxilina, mientras que las de la zona parietal han crecido de volumen. Si el trabajo secretorio continúa, las células de la zona central se destruyen y la zona parietal se reduce.

Acordes con la teoría del repetido Heidenhain, se viene sosteniendo por los autores que la tripsina no existe formada en el páncreas, sino que se encuentra en las granulaciones de las células en forma de *tripsinógeno*, el cual se transformaría en fermento por la acción de los ácidos, de los álcalis ó simplemente por el contacto del aire.

Contra esta hipótesis exclusivista clamaba el hecho de encontrarse en el propio jugo pancreático la peptona, la leucina y la tirosina, indicios de que tenía lugar en el páncreas mismo, ó, cuando menos, en los conductos excretores, una verdadera autodigestión.

Á mayor abundamiento, Carvallo y Pachón, en el laboratorio de Richet, han demostrado ¹ que el extracto glicerado de páncreas procedentes de

¹ Carvallo y Pachón, «Recherches exp. sur la digestion.» *Travaux du laborat. de Physiolog. du Professeur Richet*, tomo III, París, 1894.

perros sacrificados después de un largo ayuno (de cinco á doce días) tenía el poder de digerir la fibrina sin el concurso de microbio alguno.

En consecuencia, aunque la secreción del jugo pancreático sea intermitente, hay que convenir en que la tripsina se está formando constantemente en el páncreas, y, por tanto, aunque la preceda un estado de zimógeno, la transformación en fermento puede tener lugar dentro y fuera de la glándula.

Otro extremo interesante abrazan también los citados experimentos de Carvallo y Pachón, á saber: que el páncreas continúa elaborando tripsina en los perros en ayunas, ya posean su bazo ó ya se les haya quitado en una operación preliminar. Este hecho da de través con las antiguas teorías que supeditaban las funciones del páncreas á las del bazo. Más adelante veremos afirmarse las relaciones entre la glándula que nos ocupa y el hígado. (Véase secreción interna del páncreas.)

Influencia del sistema nervioso sobre la secreción. — La acomodación de la secreción pancreática á la digestión supone un concierto nervioso, y hasta en las intimidades de la glándula ha demostrado Cajal ¹ ganglios nerviosos que pudieran considerarse como gobiernos locales. Son asimismo evidentes los cambios de vascularización que experimenta el páncreas cuando entra en actividad, comparables á los que hemos dejado expuestos al tratar de las glándulas parótidas y submaxilares; pero no obstante todos estos indicios, aún no hemos logrado que la excitación de un nervio estimule la secreción pancreática análogamente ó como lo hace la cuerda del tambor con las salivares, ni han dado resultado positivo las irritaciones de los vagos y esplánicos. Lo único que sabemos es que la excitación enérgica de un nervio sensitivo, v. gr., el vago, determina la suspensión del flujo que se estaba verificando durante el período digestivo, y esta acción es probablemente inhibitoria refleja. ¿Dónde se encuentra el centro reflejo de la secreción? El tiempo dirá.

¹ Ramón y Cajal (S.) *Comunicación privada.*

Leccción XXI.

Parte química de la digestión.

(Digestión intestinal.)

Sumario: Jugo intestinal. — Técnica para obtenerlo. — Su acción sobre los alimentos. — Fermentaciones por los microbios intestinales. — Fermentaciones de los hidratos de carbono. — Idem de las grasas. — Idem de los albuminoides. — Gases del intestino. — Heces fecales: caracteres, cantidad y composición. — Resumen de la digestión.

Jugo intestinal. — Dase este nombre á la mezcla de los líquidos segregados por las glándulas de Brunner y de Lieberkühn. Dada la estructura diferente de estas dos clases de glándulas, se supone que los dos líquidos son distintos, pero hasta ahora no se les ha aislado en condiciones de pureza: en la mezcla domina el líquido de Lieberkühn y es exclusivo á partir del duodeno y en los intestinos gruesos, donde no hay más glándulas abiertas que las de este nombre.

En ayunas, la mucosa intestinal aparece húmeda y pálida como la del estómago; pero en cuanto llegan los alimentos ó se estimula la mucosa, aunque sea por tratamiento mecánico, se enrojece y comienza á llenarse de jugo intestinal. Este es un líquido amarillento, opalescente, denso, albuminoso y alcalino. He aquí el análisis que da Halliburton ¹:

Agua.....	97,586	Otras materias orgánicas.....	0'7337
Materias sólidas....	2'413	Salas inorgánicas....	0'8789
Cuerpos proteicos...	0'8013		
		<i>Cuerpos proteicos</i>	<i>0'8013</i>
		<i>Total sólido</i>	<i>2'2139</i>

1 Obra citada, pág. 665.

Técnica para obtener el jugo entérico. — El procedimiento mas recomendado es el de Thiry, que requiere no escasa habilidad operatoria. Empiézase por aislar, con dos cortes á cercén, una porción de intestino, de ocho á diez centímetros de larga: luego se practica cuidadosamente una sutura entre los extremos gástrico y anal del intestino seccionado, para que no se interrumpa el curso de los alimentos. Por lo que hace á la porción aislada, se cierra por un lado con una sutura por dentro, análoga á la que se usa en los talegos que sirven para conducir dinero, y de esta suerte queda la dicha porción convertida en un tubo de ensayo vivo. La operación se concluye suturando la embocadura de dicho tubo á la herida abdominal.

Operación tan laboriosa se malogra por el más leve descuido, y por ser tantas las causas de perdición no entro á enumerarlas. Sí debo advertir el sumo cuidado que hay que poner para respetar el mesenterio, y la conveniencia de mantener el animal en ayunas y sometido á fuertes dosis de morfina, para que el reposo del intestino y la cura de la heridas sean perfectos. Después de todo, aun lograda la operación, restan muy fundadas dudas de que el liquido obtenido sea normal.

Acción del jugo entérico sobre los alimentos. — Cuando las virtudes digestivas de los microorganismos eran poco conocidas, se atribuían muchas de ellas al jugo entérico; pero poco á poco se le han ido cercenando después, hasta el punto que las únicas que en la actualidad se le conceden son las de invertir el azúcar de caña transformándole en glucosa, y la conversión de la maltosa también en glucosa. Por lo demás, el jugo entérico, libre de la acción de los fermentos vivos, ni digiere los albuminoides, incluso la fibrina, ni saponifica las grasas, ni convierte el almidón en glucosa. Al menos, así resulta de los experimentos de Marloff.

Las conclusiones que preceden no impiden el que aceptemos una digestión en los intestinos gruesos, pero imputable en absoluto á la acción de los microorganismos.

Fermentaciones por microbios. — Los microbios que viven parásitos en los intestinos delgados y gruesos, especialmente en los últimos, se renuevan constantemente, pues unos se excre-

tan con las heces y otros llegan con los alimentos. Los hay de varias clases y formas, y todos ejercen acción fermentativa sobre las sustancias alimenticias, ya por sí, ya por su excreta, según dejamos dicho en otra ocasión.

También quedó indicado oportunamente que en el estómago las fermentaciones microbianas no tenían desarrollo en el estado fisiológico; y por lo que hace á los intestinos delgados, la rapidez del trámite de los materiales por este tramo digestivo limitaba mucho la influencia de los microbios. En los intestinos gruesos es, en efecto, donde se verifican las mayores fermentaciones por microbios, pues de una parte la lentitud de la marcha de los materiales, y de otra lo alterados que ya vienen por la acción de los jugos digestivos, son partes que facilitan la obra destructora de los fermentos vivos. Por último, á las fermentaciones microbianas se debe la conversión del quilo en heces, el mal olor de éstas y el desarrollo de gases intestinales.

Muchas de las fermentaciones microbianas quedaron estudiadas al tratar de los principios inmediatos; aquí nos reduciremos á indicarlas con sus productos, siguiendo el mismo orden establecido para las que producen los fermentos amorfos.

Fermentaciones de los hidratos de carbono. — Los *amiláceos* pueden ser transformados en glucosa por las diastasas segregadas por los microbios (*bacillus subtilis*, espirilo del queso, levadura de cerveza y otros).

La *celulosa*, según Tappeiner, se transforma en un glucósido, y éste se desdobla acto seguido en volúmenes iguales de ácido carbónico y gas de los pantanos.

La *glucosa* es el cuerpo más apto á ser transformado por los microorganismos: éstos pueden hacerla experimentar la fermentación alcohólica, la acética, la láctica y la butírica, con producción de alcohol, ácido carbónico, acético, láctico, butírico é hidrógeno.

B. acidilactici B. butyricus B. acet.

Fermentación de las grasas. — Desde luego muchos microbios tienen el poder de saponificar las grasas, y después actúan sobre la glicerina y los ácidos grasos, dando lugar á multitud de productos.

La glicerina puede sufrir la fermentación alcohólica, con producción del alcohol etílico, por el *bacillus æthylicus*; la butírica, por el *bacillus butylicus*, con formación del alcohol y ácido butírico; y por el *bacillus subtilis*, con producción de los ácidos caproico, butírico y acético (Fitz).

La *lecitina* se desdobra en ácido fosfoglicérico y en colina, y esta última se descompone en ácido carbónico, amoniaco y gas de los pantanos.

Las sales de los ácidos grasos, tales como los acetatos y lactatos, sobre todo á base de cal, se descomponen con producción de agua, ácido carbónico y gas de los pantanos.

A punto
Fermentación de los albuminoides. — Los albuminoides pueden transformarse en peptona; pero cuando ésta se ha formado y no absorbido, los microorganismos actúan sobre ella (más sobre la hemi que sobre la anti) y la descomponen en ácidos grasos, volátiles, aminas y amidas ácidas como la leucina, cuerpos aromáticos como la tirosina, el indol, scatolo, fenol y cresol, amoniaco é hidrógeno sulfurado. Los ácidos grasos volátiles, el indol, y sobre todo el scatolo, prestan á las heces su olor característico. Muchos de los cuerpos aromáticos, formados de la putrefacción de los albuminoides, tales como el indol y el fenol, se reabsorben y luego se eliminan por la orina, y otros, como el scatol, se excretan con las heces.

Las fermentaciones microbianas tanto se verifican por oxidación como por hidratación ó reducción; y como en estos procesos la cantidad de amoniaco formado no basta á saturar los ácidos grasos, la reacción de éstos domina en el contenido de los intestinos gruesos.

Gases intestinales. — La cantidad y calidad de gases que se encuentran en los intestinos es proporcional á la cantidad y calidad de los alimentos, á la normalidad de la digestión y á la contractilidad de los músculos de las paredes intestinales. Cuando éstos han perdido su tono, la marcha de los alimentos se hace perezosa, las fermentaciones microbianas aumentan, y crecen en la misma relación las cantidades de gases; pero éstos, á su vez, dilatan las paredes del intestino y fuerzan sus músculos, y de aquí se deduce que la parálisis intestinal es la causa más eficaz para que las dichas fermentaciones tomen vuelo.

He aquí la composición de los gases del intestino humano, según Ruge.

La proporción es centesimal y está tomada en relación á volumen y á la presión ordinaria.

Gases.	Dieta láctea.	Dieta de carne.	Dieta vegetal.
CO ²	16'3	12'4	21
H.	43'3	2'1	4
H ² S.	indeterminada.		
N.	38'3	57'8	18'9
CH ⁴	0'9	27'5	55'9

El ácido carbónico proviene del aire, de la respiración intestinal y de la de los microbios, de la descomposición de los carbonatos, lactatos, formiatos y acetatos, y de la fermentación alcohólica.

El hidrógeno proviene de las fermentaciones butíricas y de la descomposición de la celulosa.

El hidrógeno sulfurado, de la descomposición de los albuminoides.

El Nitrógeno deriva principalmente del aire.

El gas de los pantanos, de la descomposición de los acetatos y lactatos y de la fermentación de la celulosa.

Heces fecales. — Los residuos de la digestión, más los excretados por la mucosa digestiva, constituyen las heces. Esta segunda partida, y la larga permanencia en los intestinos de ciertos

residuos alimenticios, explican que un individuo siga defecando después de muchos días de ayuno.

Las heces son sólidas ó semisólidas en el estado normal; flotan en el agua por su mezcla con los gases; son de color amarillo obscuro, verdoso ó negro, según la cantidad de bilis que las tiñe; las transformaciones que hayan sufrido los pigmentos biliares, ó las materias colorantes que lleven los alimentos (v. gr., hemoglobina, que se convierte en hemina y tiñe de negro los excrementos). El olor es fétido, especial, y la reacción ácida.

La cantidad de heces varía mucho, según la frecuencia de la defecación, la cantidad y calidad de los alimentos, las aptitudes digestivas del individuo y los movimientos peristálticos. En igualdad de condiciones individuales, la cantidad será tanto mayor cuanto más espaciadas sean las defecaciones, mayor residuo dejen los alimentos y más cantidad de éstos se hayan ingerido. Por eso la dieta vegetal produce mayor cantidad de materias fecales que la animal, y la láctea es la que arroja el mínimo: en la primera, la relación entre la cantidad de alimentos y la de heces es de un quinto; y en la animal, de un noveno.

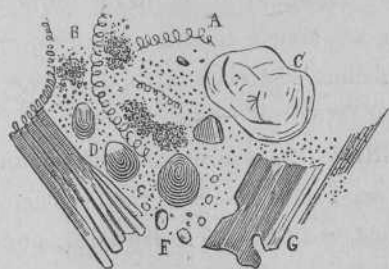


Figura 21.

Resíduos estercoráceos, según García Solá ¹.

¹ A, tráqueas vegetales; B, masas granulosas de clorofila; C, célula vegetal que ha perdido sus granos de almidón; D, granos de almidón; E, glóbulos grasos; G, residuos de fibras musculares (García Solá, *Patología general*, pág. 263).

La consistencia de las heces depende menos de la cantidad de agua ingerida que de la absorción; pero como ésta se verifica lentamente, va aumentando al paso de los excrementos por los intestinos gruesos, y es tanto mayor cuanto más tiempo permanecen en ellos. Ahora bien: la permanencia depende de los movimientos peristálticos, y éstos, en último término, son los que determinan la consistencia de las heces.

Composición de las heces. — Para analizar las heces conviene ante todo privarlas de su mal olor, y esto se consigue fácilmente con el éter; luego se las observa al microscopio y después se las somete á un tratamiento químico.

La composición de las heces varia mucho de un individuo á otro, pues depende de muchos factores á su vez variables. Enumeraré estos factores siguiendo el método de Halliburton ¹:

1.º Alimentos no digeridos (hidratos de carbono, grasa y albuminoides).

2.º Cuerpos que no han podido digerirse por ser inatacables por los jugos digestivos (celulosa, keratina, mucina, clorofila, goma, resina, colessterina, pelos, uñas, etc.)

3.º Cuerpos poco digestibles (granos enteros de almidón, tendones, elastina, nucleína, fosfatos y otras sales térreas.)

4.º Productos de descomposición de los alimentos (indol, scatol, ácidos grasos, amoniaco, hemina, jabones, estercorina, etc.)

5.º Microorganismos y toda suerte de restos celulares de la descamación de los intestinos.

6.º Residuos biliares, tales como la mucina, indicios de ácidos biliares ó de los productos de su descomposición, colessterina y pigmentos oxidados, reducidos é hidratados, como la hidro-bilirubina, la estercobilina y la colessterina. Esta última representa el mayor grado de oxidación de los pigmentos biliares.

En los niños recién nacidos las heces tienen un color obscuro, casi negro, no huelen mal y son semifluidas. Reciben el nombre

1 Halliburton, obra citada, pág. 695.

de *meconio* y aparecen constituidas de leucocitos, células epiteliales, globulillos de grasa, colestestina, sales y pigmentos biliares, moco y sales inorgánicas. El intestino del recién nacido no contiene gases porque aún no está infestado por los microbios.

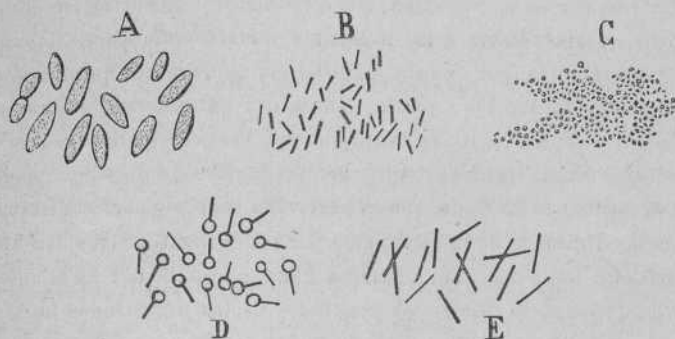


Figura 22.

Microbios del excremento normal, según García Solá ¹.

Resumen de la digestión.—Hemos visto cómo los alimentos se transforman en el tubo digestivo: primero se trituran ó dividen en menudos fragmentos, luego se empapan en los líquidos, se hinchan y reblandecen, se disocian en sus elementos histológicos cuando son tejidos animales ó vegetales, y al fin se disuelven en los jugos digestivos las partes que son digestibles.

La complicadísima colección de alimentos que se hace servir el hombre para satisfacer su apetito, su paladar ó su fantasía, puede reducirse, en lo fundamental, á tres clases de principios inmediatos, y éstos vienen, á su vez, á parar en tres primeras materias de nutrición: la glucosa, para los hidratos de carbono; las peptonas, para los albuminoides; y los jabones y emulsiones, para las grasas. Las demás sustancias derivadas de la digestión ó contenidas en los alimentos, como los alcoholes, los ácidos orgá-

¹ A, *Clostridium butyricum*; B, *bacterium coli*; C, cocos de la deyección, probablemente originarios de la cavidad bucal; D, bacilo de Bientock, en forma de palillo de tambor; E, bacilo largo del excremento que representa posiblemente uno de los variados fermentos digestivos microbianos. (García Solá, *Patología general*, pág. 265.)

nicos y sus sales, los alcaloides, los glucósidos y las sales inorgánicas, son también primeras materias para la nutrición, pero su elaboración digestiva es mucho más simple que la de los principios inmediatos antes enumerados.

El objetivo principal de la digestión es hacer absorbibles los proteicos, los hidratos de carbono y las grasas.

Para el proceso de la digestión son igualmente necesarias las acciones mecánicas encomendadas á los músculos y las reacciones de los jugos digestivos: aquéllas, por cuanto facilitan las operaciones químicas encomendadas á los fermentos y porque limitan la putrefacción de las materias alimenticias; los jugos, en tanto que son los principales agentes para disolverlas. Por cualquier parte que flaquea la obra, la digestión se altera y todo se perturba. En fin, sólo una absorción rápida y perfecta libra á las sustancias digeridas de la corrupción por los fermentos vivos del intestino, y evita un doble daño á la nutrición: daño, porque lo que no se absorbe, se pierde; daño, porque entre los productos de las digestiones microbianas pocos son los utilizables y la mayoría son tóxicos. Si en el estado normal no somos víctimas de estos venenos, es porque los eliminamos por la orina.

Digestibilidad de los alimentos. Aparte de la gran cantidad de la calidad y de lo que la cocina y los aderezos culinarios puedan influir en la digestibilidad de los alimentos son de notar las aptitudes digestivas del hombre para los diversos principios inmediatos. La mayor garantía corresponde á la digestión de los hidratos de carbono, pues en contraposición con los agentes microbianos en todas las cavidades digestivas (boca, estómago e intestinos) se encuentran fermentos para convertir en glucosa los almidones y azúcares. Estas precauciones no las ha tomado la naturaleza solo porque son indispensables los carbohidratos, pues más necesarios son aún los albuminoides; en efecto de que sean aquellos más indigestos, pues lo contrario sucede. A mi vez son dos las causas 1.ª Son los más abundantes y los que en mayor cantidad se necesitan; 2.ª Se prestan fácilmente á quedar de reserva en el organismo bajo la forma de glucógeno y transformándose en grasa.

En segundo lugar ofrece la digestión los albuminoides que experimentan dos transformaciones sucesivas, la peptización y la pepsinización, todo ello porque los proteicos son indispensables por ser los animales incapaces de fabricarlos.

Por último concierne el aceite y la fisiología se declara muy desfavorable las grasas que sólo en el intestino se emulsionan y saponifican. Si de aderezos que se pueden sustituir por el hombre con poca cantidad de grasa, que ésta puede producirse en el organismo á costa de los carbohidratos, albuminoides y que se absorben en esta vida sin más que una simple absorción.

(De la 2.ª edición) P. H.

Leccción XXII.

Absorción.

Sumario. — Absorción. — Mecanismo genérico de la absorción. — Fenómenos físicos y químicos. — Condiciones que han de poseer las sustancias absorbibles. — Lugares de la absorción. — Órganos absorbentes. — Vellosidades intestinales. — Absorción por la piel. — Absorción por la boca. — Idem por el estómago.

Absorción. — El acto de penetrar las sustancias del medio cósmico en el interior del organismo, á través de la membrana límite, constituye la absorción.

El cuerpo del hombre es penetrable en todo su espesor para las materias cósmicas. Son penetrables las células de todos los tejidos, y á mayor abundamiento todo el cuerpo está cruzado por conductos, unos sin paredes propias ó intersticios intercelulares, y otros con paredes propias, que son los vasos (sanguíneos y linfáticos). Pero los vasos comunican entre sí y con los conductos intercelulares: unos vasos, los linfáticos, porque originan de dichos intersticios; y otros, las venas, porque tienen orificios ó poros orgánicos por donde pasan las materias desde los tejidos á los vasos, ó viceversa.

Prácticamente, la absorción estriba en que las materias cósmicas atraviesen la membrana límite; pues allende de dicha membrana, las materias absorbidas no encuentran dificultad para ser transportadas por la circulación á territorios más ó menos distantes.

La membrana límite del cuerpo del hombre no se constituye por la piel y las mucosas, como á primera vista pudiera creerse,

sino por la capa más superficial, por el epitelio. Bajo el epitelio, lo mismo en la piel que en las mucosas, se encuentra un tejido penetrable y abundantemente provisto de vasos linfáticos y sanguíneos.

En rigor, cuando un cuerpo traspone el epitelio, está absorbido; pero puede suceder que sea insoluble y no transportable á otros territorios. Tal sucede con los granos de carbón en el *latouage*, que se quedan en el dermis cutáneo sin pasar de allí, y al carbón que entra con el aire, que infiltrado se queda también en el tejido del pulmón.

Para multiplicar la superficie absorbente, las mucosas se prolongan á favor de numerosos pliegues; y como si esto no fuera bastante, aparecen órganos absorbentes especiales en la mucosa del intestino, donde la absorción es muy activa.

El epitelio, que hemos declarado ser en realidad la membrana límite, se adelgaza hasta constituir una sola capa en aquellas mucosas, como la pulmonar, en que la absorción es extraordinaria, y afecta estructura especial en los otros territorios aptos para la absorción, v. gr., el intestino. En cambio es duro, córneo y compuesto de muchas capas en la piel, que, como veremos más adelante, posee escasas aptitudes para la absorción. Por último, los epitelios están sujetos á una renovación constante, y por esta causa son siempre membranas jóvenes las que se disponen á la absorción.

Cuando se despoja un territorio cualquiera de su membrana límite, de hecho queda convertido en una superficie absorbente. Por esta razón se acude á las inyecciones subcutáneas, submucosas ó viscerales siempre que se desee la absorción eficaz de una substancia. No hay que decir si la inyección se verifica en las venas, pues entonces la substancia, no sólo es absorbida, sino transportada en el acto á todos los ámbitos del cuerpo.

Mecanismo genérico de la absorción. — Con el fin de explicarnos más sencillamente el mecanismo de la absorción, podemos suponer el organismo humano como un gran saco membranoso lleno de un líquido complejo, de base acuosa y rodeado

de un baño que puede ser de aire ó agua, y en el que hay disueltas multitud de substancias. En suma, un gigantesco endosmómetro, cuya membrana la constituye el epitelio, el contenido los humores y tejidos, y el baño la atmósfera y los líquidos del tubo digestivo.

En semejante endosmómetro se establecería una doble corriente á través de la membrana: unas substancias van del interior al exterior y son las excrementicias, y otras en sentido inverso y serán las absorbidas. El acto que resulta de la corriente exosmótica es la excreción; y el de la corriente endosmótica, la absorción. Por donde se ve que la absorción y la excreción, con ser los dos polos de la cadena nutritiva, se combinan prácticamente y de un modo tan íntimo para los gases, que se ha convenido en estudiar como una función—la respiratoria—la doble corriente que resulta de la absorción de oxígeno y la excreción del ácido carbónico.

Todavía hemos de sacar una consecuencia más á nuestro ejemplo; y es que, siendo acuosa la base de todos nuestros humores y tejidos, sólo las substancias solubles en este líquido atravesarán fácilmente por la membrana en cualquiera de las direcciones; y en lo que se refiere al baño, todas las materias que se absorben — con excepción de los gases y líquidos vaporosos — necesitan de previa disolución para absorberse.

Pero aquí acaba el imperio de las condiciones físicas de la ósmosis en la absorción, porque hay substancias insolubles en el agua y no difusibles, como las grasas, y, sin embargo, se absorben bien. Es más, aun las mismas substancias osmóticas no se absorben siempre con arreglo á las leyes de la ósmosis, sino que su absorción es subordinada á la apetencia de los tejidos, y muy especialmente á las actividades vitales de las células.

Valgan los siguientes ejemplos para demostrar el dominio de la apetencia de los tejidos sobre las materias absorbidas.

Por el ileón se absorben las sales biliares, y no por el duodeno y yeyuno (Tappeiner).

Las disoluciones de cloruro de sodio á 5 por 100 se absorben mejor que el agua, y las sales de sosa más que las de potasa (Lembuscher).

La difusión se opera de modo diferente, según que la célula esté viva ó muerta, y este cambio se verifica antes que la constitución química cambie de un modo apreciable (Sachs.)

En la difusión física de los gases no influye su naturaleza, sino las tensiones á que se encuentran sometidos, y los unos difunden en los otros—sepárelos ó no una membrana—como lo harían en el vacío. Sin embargo, el oxígeno se absorbe en proporciones extraordinarias, á pesar de ser muy poco soluble, porque la hemoglobina primero, y los tejidos después, se apoderan de él por apetencia química. Si sólo la ósmosis influyera, en cuanto las tensiones del oxígeno se equilibraran en el pulmón y en la sangre, la absorción cesaría; y ocurre lo contrario, que los animales agotan casi todo el oxígeno de una atmósfera limitada.

Resumiendo: en la absorción influyen las tres siguientes condiciones:

1.^a *La ósmosis con todas sus leyes.* — Ejemplos: si á un enfermo le administramos una disolución concentrada de sulfato de magnesia, esta sal, como tiene un equivalente endosmótico elevado, atrae el agua desde la sangre al intestino y purga; si en vez de la sal de la higuera le damos una disolución de alcohol, que es muy osmótico, se absorbe rápidamente.

2.^a *El trabajo ó las apetencias de las células.* — Ejemplos: la absorción de las grasas en el intestino y la aprehensión de materias por las células linfoides (Hofmeister y Metschnikoff).

3.^a *La apetencia química del organismo.* — Ejemplo: la rápida absorción de la glucosa en el intestino, á pesar de que su equivalente endosmótico se acerca al del sulfato de magnesia ¹.

Por último, como coadyuvante de las condiciones anteriores, podemos añadir la débil presión vascular en los territorios absorbentes y la fuerza de aspiración del tórax.

1 El equivalente de la glucosa es 72, y el del sulfato de magnesia 115.

Condiciones que han de poseer las sustancias absorbibles. — Las más favorecidas por la absorción son las gaseosas y las líquidas volátiles; después, las que son solubles en el agua y disfunden bien á través de las membranas orgánicas.

Por el primer concepto se absorben bien el oxígeno, el ácido carbónico, el óxido de carbono, el protóxido de ázoe, el hidrógeno sulfurado, el arsenical; etc. De todos los gases, el que con menos actividad se absorbe es el N., sin duda por su inercia química.

Entre los líquidos que por emitir vapores á la temperatura ordinaria se absorben bien, se cuentan el mercurio, el cloroformo y el éter.

Son fácilmente absorbibles los alcoholes, los ácidos orgánicos é inorgánicos y las sales, siempre que sean solubles y cristaloides. Entre los cuerpos proteicos, las peptonas, que gozan de gran difusibilidad. Por el contrario, no se absorben, si previamente no se transforman, los metaloides sólidos y no vaporosos, como el azufre, el carbono, el arsénico ó el antimonio, los metales, los óxidos metálicos, las sales insolubles y las sustancias orgánicas coloides.

Lugares de la absorción. — Ya hemos dicho que todos los tejidos tienen aptitudes absorbentes, y que, del mismo modo, toda la superficie límite permite la absorción; pero no son iguales las facilidades que se ofrecen en las diversas regiones del cuerpo.

Desde luego, la piel goza de escasas facultades absorbentes, y entre las mucosas, la de la vejiga, estómago, esófago, faringe, uretra y vagina son las que menos absorben. Por oposición, la mucosa más activa es la pulmonar, luego la intestinal, y después la conjuntiva y la bucal.

Los productos absorbidos llegan al torrente circulatorio por las venas y por los linfáticos, pero la actividad de las primeras

es mucho mayor que la de los últimos. Hay tanta diferencia como va en presión y velocidad, entre la circulación linfática y la sanguínea.

Órganos absorbentes. — Sólo se encuentran ejemplares orgánicos, destinados exclusivamente á la absorción, en el intestino, y son las llamadas vellosidades intestinales. Se constituye esencialmente por una cavidad linfática ciega, ó en forma de dedo de guante, en donde se termina el vaso quilífero, del lado del intestino. Revisten dicha cavidad dos capas concéntricas: una de tejido adenoide, que la sirve de límite y en la cual se encuentran capilares sanguíneos y fibras musculares, y otra que forma un revestimiento de células epiteliales, cilíndricas ó prismáticas, cuyos vértices corresponden al eje de la vellosidad, y sus bases, provistas de una especie de chapa, semejan una especie de pavimento en la superficie. La absorción se verifica por difusión á través del epitelio y conducción por el tejido adenoide, ó por obra del protoplasma de las mencionadas células, que vierten en las lagunas adenoideas la grasa que toman en el intestino. En ambos casos, la absorción se reduce á un trasiego de materiales desde la cavidad digestiva á la del quilífero.

Absorción por la piel. — Más bien que una superficie de absorción, es la piel humana una barrera que nos protege de la penetración de las substancias cósmicas. Todos los cirujanos saben que con la piel defendida por su epitelio, se puede operar impunemente en los tejidos más contagiados y contagiosos; y por lo que hace á los venenos químicos, es también la piel una excelente defensa. En cambio, cuando una erosión ó una herida nos priva de la barrera epitelial, la piel se hace tan apta para la absorción como cualquier otro tejido.

Por la piel íntegra no se absorbe en el estado fisiológico más que oxígeno; pero cuando intencionalmente se aplica un medica-

mento para que se absorba, hay pruebas de que, en efecto, se absorben los gases, los vapores (v. gr., los de cinabrio y mercurio) y algunas substancias muy difusibles, como el ioduro de potasio. No hay que contar en la absorción los efectos locales de ciertos medicamentos como la cocaína, el éter, la belladona, etc.

El agua, aunque no en grandes proporciones, se absorbe también por la piel, sobre todo si los tejidos están apetentes de este líquido.

No todas las regiones de la piel son igualmente aptas para la absorción; y así, entre las que ofrecen menos facilidades, se cuenta la del dorso y la de los miembros; y entre las que ofrecen más, la de las axilas, ingles y paredes abdominales. En los niños, la piel es más fina y se presta mejor á la absorción.

Además de las escasas condiciones ingénitas de la piel para la absorción, se oponen á ella las costras epidérmicas y el sebo, que se extiende como un barniz para aumentar la impermeabilidad del cutis. Por estas razones se aconseja lavar previamente con jabón y alcohol las partes en que haya de aplicarse un medicamento.

Absorción por la boca. — La mucosa bucal, y singularmente la de la lengua, ofrece mejores condiciones para la impresión y secreción que para la absorción, porque su epitelio es estratificado y se parece al de la piel. Por lo que hace á las substancias alimenticias, la absorción es nula, porque ni se detienen en la boca, ni están digeridas. Esto no obstante, por la boca pueden absorberse las substancias osmóticas, como lo prueban los dos siguientes ejemplos:

Queriendo en una ocasión matar un perro, le abrí la boca con el bocado de Cl. Bernard y coloqué encima de la lengua, con un pincel, una disolución concentrada de cianuro potásico. El animal no podía tragar con la boca abierta, y, sin embargo, la muerte se verificó en unos instantes.

Quejándose, el que esto escribe, de una neuralgia de la cara, tomó un buche de un cocimiento laudanizado y le mantuvo en la

boca por espacio de unos cuantos minutos. Al cabo lo arrojó sin tragar gota. Repitió los buches, y en fin, no sólo se calmó la neuralgia, sino que experimentó todos los efectos del opio, incluso un sopor que le duró varias horas.

Absorción por el estómago. — El epitelio del estómago es compuesto de células prismáticas y caliciformes; estas últimas de secreción, y aquéllas favorables á la absorción. Sin embargo, pocas cuestiones han sido más discutidas que la absorción estomacal.

Modernamente los fisiólogos se han decidido por la afirmativa; y en efecto, hay pruebas experimentales de que por el estómago se absorbe el agua, las sales solubles en ella, el alcohol, los ácidos orgánicos, las peptonas, y tal vez la glucosa. Lo que no se absorbe es la grasa.

La absorción por el estómago es bastante activa si se la compara con la bucal, pero lo es mucho menos que la intestinal. En los casos de fistula del píloro, los enfermos sólo han podido sostener la vida inyectándoles por el duodeno el quimo que se vertía del estómago.

Hay una prueba de indicio, que da testimonio de la absorción de las peptonas en el estómago, y es que siempre he encontrado esta substancia en la mucosa gástrica. Digo indicio y no prueba concluyente, porque la peptona puede proceder de una autodigestión.

Lección XXIII.

Absorción (Conclusión).

Sumario: Absorción por los intestinos delgados. — Absorción de la glucosa. — Idem de las peptonas. — ¿Es posible la absorción directa de los albuminoides? — Absorción de las grasas. — Absorción por los intestinos gruesos. — Absorción por la mucosa pulmonar. — Idem por la conjuntiva. — Idem por la mucosa uretro-vexical.

Absorción por los intestinos delgados. — En estos intestinos es donde se verifica la principal absorción de los productos digestivos. Su epitelio es de una sola capa, y las válvulas coniventes que oponen cierto obstáculo al curso de las materias y multiplican la superficie absorbente, las vellosidades que hemos descrito como órganos especiales para la absorción, las ricas redes vasculares y linfáticas de la mucosa, la presencia de órganos linfoides á cuyas células tanto debe la absorción, y el hecho de completarse la digestión en este trayecto, son partes para que la función que nos ocupa logre su máxima actividad.

Por el intestino delgado se absorben las peptonas y la glucosa, los jabones, las grasas, los alcoholes, las sales orgánicas é inorgánicas, los cuerpos aromáticos, las sales biliares, y tal vez algunos cuerpos proteicos no peptonizados.

Examinaremos en particular la absorción de algunos principios inmediatos:

A. **ABSORCIÓN DE LA GLUCOSA.** — La glucosa y la levulosa, como osmóticas que son, se absorben sin dificultad y pasan á la sangre y á la linfa, en donde se encuentra siempre glucosa. La maltosa

no se ha hallado en la sangre, de donde se deduce que se transforma en glucosa antes de absorberse, ó la transformación tiene lugar al atravesar el epitelio.

La mayor cantidad de la glucosa absorbida va con la sangre de la vena porta, y sólo una mínima parte es arrastrada con la linfa. En este humor dicen los autores que se encuentra también la dextrina en pequeñas proporciones.

B. ABSORCIÓN DE LAS PEPTONAS. — Estas substancias son muy osmóticas, y además, desaparecen del intestino á medida que se producen, prueba de que se absorben; pero es lo notable que ni en la linfa ni en la sangre se encuentran. Quiere decir que los albuminoides se transforman en peptona únicamente para atravesar la membrana límite, y una vez que han traspuesto los umbrales de la economía tornan al tipo primitivo de albúmina. Es más: las inyecciones de peptona hechas directamente en las venas no han aprovechado á la nutrición, pues la mayor parte de la cantidad inyectada se excreta por la orina, y el resto desaparece de la sangre, probablemente reconstituyendo una albúmina. Mientras la peptona no se elimina de la sangre, actúa como un verdadero veneno soporífero; y según Ewald, el sopor que se apodera de los animales cuando están en plena digestión se debe á la peptona.

La absorción de las peptonas debe tener lugar por las venas y por los linfáticos, más por las primeras que por los últimos.

¿Dónde tiene lugar la conversión de la peptona en albúmina? Á primera vista parece que el hígado debía ser el autor de esta transformación, pues ya veremos otras funciones metabólicas de esta viscera sobre los productos de la digestión; mas el hecho de no contener peptona la sangre de la vena porta deja sin fundamento esta hipótesis. Para Heidenhain la conversión tiene lugar en el propio epitelio del intestino, y para Hofmeister son los leucocitos los encargados de transbordar la peptona y restituirla al estado de albúmina. Quizá los dos fisiólogos tengan razón.

¿Es posible la absorción directa de los albuminoides? — Cues-
tión es esta muy discutida por los fisiólogos, pues su resolución
entraña la de un problema clínico interesante: la alimentación
por el recto en los casos en que la vía natural se ha hecho
imposible.

Tres argumentos se dan en favor de la absorción directa:
1.º, que es posible nutrir al hombre y á los animales con in-
yecciones de albuminoides solubles y no peptonizados (suero de
sangre, albúmina, etc.); 2.º, la aparición de albúmina en la orina,
ó consecuencia de haber ingerido en el estómago una fuerte
dosis de clara de huevo; y 3.º, la observación de Brücke, que
vió el epitelio de las vellosidades infiltrado de granulaciones
proteicas con reacción ácida, en un animal sacrificado en plena
digestión de leche.

De los tres argumentos el primero nada prueba. En efecto, de
que sea posible la alimentación por la vía rectal no se deduce la
absorción de albuminoides no peptonizados, pues bien pudieran
ser los microbios intestinales los actores de la digestión, amén
de que el jugo pancreático puede descender al intestino grueso.
Además, los prácticos saben bien que la digestión en los intestinos
gruesos es incompleta, y que la alimentación rectal se hace into-
lerable al cabo de poco tiempo.

El segundo argumento no resiste la crítica. Cuando la albúmina
se absorbe en mayor cantidad de la que puede metabolizar la
economía, el exceso se excreta por la orina, y lo mismo sucede
con la glucosa y las demás sustancias; pero ¿quién prueba que
la albúmina se absorbió directamente?

El tercer argumento tiene valor, pero no se ha repetido, que
yo sepa, la observación de Brücke.

De todos modos, no resulta imposible que se absorban en subs-
tancias los albuminoides, cuando vemos que se absorben las gra-
sas, y más tarde aprenderemos que los leucocitos son capaces
de arrastrar granos insolubles, células y microbios. Lo único

DR. PEREZ ARAPILES

0/ Lancia núm. 12-3.º

Telefono 20 55 12

que falta es demostrar la absorción directa de los referidos cuerpos proteicos.

Absorción de las grasas. — Cuando las grasas se saponifican, ninguna dificultad ofrece su absorción, pues tanto las sales alcalinas de los ácidos grasos (jabones), como la glicerina, son osmóticas y se las encuentra en la sangre y en los linfáticos. Mas tampoco puede dudarse de la absorción de las grasas en substancia, porque este es un *fenómeno que se ve*; y no obstante, aún no contamos con una explicación satisfactoria de esta absorción.

Si se sacrifica á un animal en plena digestión de una comida abundante en grasa, se ve el epitelio de las vellosidades hinchado y turbio por la infiltración de grasa: esta substancia se la reconoce desde luego por su aspecto, y *à posteriori* el éter y el ácido ósmico nos certifican de su presencia en la vellosidad. Luego se la encuentra en la vena porta, y sobre todo en el quilo, que toma un aspecto de emulsión por lo cargado que está de grasa.

¿Cómo atraviesa la grasa por las células epiteliales? — Esta es la cuestión; pues después de haber pasado el epitelio, la grasa encuentra permeables los intersticios ó lagunas del tejido adenoide, que constituye la vellosidad y luego la cavidad del quilífero.

La hipótesis de Hofmeister, entrevista por Cl. Bernard, satisface la curiosidad, pero no se apoya en sólidos datos. He aquí las palabras del célebre profesor del Colegio de Francia: «Estoy inclinado á admitir, según mis » experimentos, que hay en la superficie de la membra mucosa intestinal » una verdadera generación de elementos epiteliales que atraen los líquidos » alimenticios, los elaboran y los vierten después en los vasos por una » especie de endósmosis»¹. La teoría de Hofmeister es la última consecuencia de la intuición de Cl. Bernard, pues cree que son las células epiteliales y los leucocitos los que con sus propios movimientos amiboides trasiegan la grasa desde la cavidad del intestino á la corriente linfática.

El profesor Schäfer² ha dado modernamente nuevo sustento á la teoría

1 Cl. Bernard: *Physiologie générale*.

2 *Internae. Monatsschrift für Anat. u. Physiol.* n. 6. (Cita de Halliburton.)

de Hofmeister, pues ha demostrado la presencia de glóbulos de grasa en las células epiteliales y en las linfoides.

Por lo que toca á estas últimas, la teoría parece satisfactoria y se robustece pensando en la función que tienen los folículos cerrados del intestino y el acúmulo de células linfoides en el período de la digestión; pero faltan por demostrar los movimientos amiboides que han de poner en juego las células epiteliales para apoderarse de la grasa y transbordarla al quilífero.

Las células epitelicas de la vellosidad terminan en una especie de chapa ó platillo que, según Heidenhain y Cajal ¹, se compone de un pincel muy apretado de filamentos protoplasmáticos unidos por un cemento muy alterable, y se me ocurre, dado este supuesto, que la bilis podría disolver el cemento y dejar penetrable para la grasa los intersticios del pincel. Tal vez estos bastones libres desarrollarían movimientos amiboides. Sea de ello lo que quiera, lo importante es que las grasas se absorben.

Absorción por los intestinos gruesos. — No es tan activa como en los delgados, pero más que en el estómago. No hay más que considerar el estado semilíquido de las materias al caer en el ciego, con la consistencia de las heces que salen por el recto, para comprender la cuantía de esta absorción.

Por los intestinos gruesos se absorbe el agua, la glucosa, las peptonas, los ácidos y las sales, no sólo de los alimentos, sino también de las secreciones intestinales. Á excepci3n de la grasa, que se absorbe exclusivamente por los delgados, todas las demás sustancias pueden absorberse y se absorben por los gruesos.

Por la vía rectal ya hemos dicho que pueden absorberse los principios inmediatos de los alimentos y todos los medicamentos solubles. Esta vía es aprovechada con este doble objeto en el tratamiento de los enfermos, y en el laboratorio la hemos empleado frecuentemente para alimentar los perros tiroidectomizados que no podían tragar.

Absorción por la mucosa pulmonar. — Es la primera superficie absorbente del cuerpo humano. Como extensión equi-

¹ Cajal, *Elementos de Histología*, Madrid, 1895, pág. 201.

vale á 81 metros cuadrados, es decir, cincuenta y cuatro veces la superficie cutánea; y como disposición anatómica, basta decir que el epitelio se compone de un pavimento de placas muy delgadas entre las redes capilares, y más delgadas aún en la parte que cubren los vasos.

Por la superficie pulmonar se absorbe constantemente, en el estado fisiológico, el oxígeno y el nitrógeno, y pueden absorberse accidentalmente todos los gases, desde los indiferentes, como el hidrógeno, hasta los tóxicos, como el protóxido de ázoe y el óxido de carbono. También se absorben los vapores de cloroformo, éter, nitrito de amilo y otra porción de sustancias, el agua en cantidades enormes, y los microbios. Por esta última absorción es la superficie pulmonar la principal vía para las infecciones.

Absorción por la conjuntiva. — Todos los que hayan presenciado en la [práctica oculística los efectos inmediatos que producen cuando se instilan en el ojo colirios de atropina y eserina, no podrán dudar de la absorción por la mucosa conjuntiva. También se practican intoxicaciones experimentales dejando caer gotas de veneno muy activo, como el ácido prúsico, sobre la dicha membrana. Sin embargo de estas aptitudes absorbentes, la conjuntiva, por su estructura, es más bien una membrana de secreción que de absorción, y ésta es nula para los efectos fisiológicos ordinarios.

Absorción por la mucosa uretro-vexical. — Los urólogos cuentan con que en el estado normal, y estando íntegro el epitelio, no se absorben las sustancias medicamentosas; pero en cuanto aquél se altera ó se pierde, temen las inyecciones de cuerpos tóxicos tales como el clorhidrato de cocaína, por el peligro cierto de una intoxicación.

Pocas mucosas habrán dado más que hablar en punto á la absorción que la de la vejiga, desde los que sostienen que estando

íntegro el epitelio no se absorbe nada, hasta los que creen que en el estado fisiológico se reabsorben el agua, la urea y las sales de la orina mientras permanece en el reservorio vexical.

En otro tiempo, cuando se creía que la uremia era debida á la reabsorción de la urea, tenían estas cuestiones más importancia que hoy, y los cirujanos temían aquella enfermedad, en cuanto por lesión del epitelio la reabsorción de orina podía verificarse. Hoy han cambiado mucho los términos del problema, como veremos al tratar de la secreción interna de los riñones; y por lo que hace á la absorción por la vejiga, los experimentos practicados muchas veces en nuestro laboratorio arrojan un resultado afirmativo.

Siguiendo las indicaciones de Küss, he llenado una vejiga, acabada de extraer á un perro, con una disolución de ferrocianuro potásico, y la he introducido llena, á guisa de dialisador, en una disolución de percloruro de hierro: el azul de Prusia no se ha formado, pero bastaba que con instrumento romo introducido por la uretra se restregase la mucosa de la vejiga, para que inmediatamente apareciera el azul en los sitios donde por el restregamiento se perdió el epitelio.

En otros experimentos he introducido la vejiga llena de orina en un baño de agua con alcohol, y la he tenido dialisando por espacio de cuarenta y ocho horas. El líquido del baño contenía cloruro de sodio y daba la reacción *del biuret*; pero por si ésta se debía á los albuminoides cedidos por la propia vejiga, lo acidifiqué con el acético, lo herví y lo filtré; un análisis de este filtrado con el ureómetro de Esbach, me demostró la existencia de urea. Analicé después la orina que se contenía en la vejiga, que por cierto estaba ácida y limpia, y encontré 28 veces más cantidad de urea que en el líquido del baño; de donde se deduce que en cuarenta y ocho horas había pasado $\frac{1}{28}$ de urea desde la orina al agua á través de las paredes de la vejiga. ¹

¹ En otros experimentos ha variado la cantidad de urea, pero siempre pasa este cuerpo á través de las paredes de la vejiga.

Bien alcanzo que ni este hecho ni el anterior resuelven completamente la absorción vexical, por lo que hay que mantenerse en una prudente expectativa hasta que nuevos experimentos declaren.

En cambio es indudable que, cuando el epitelio se altera, pueden absorberse por la vejiga el alcohol y otras substancias.

Lecção XXIV.

Circulación.

Sumario: Circulación. — División. — Mecanismo. — Motores de la circulación. — Contracción muscular. — Sístole y diástole. — Reacción elástica. — *Vis à tergo*. — Agentes que actúan por aspiración. — *Vis à fronte*. — Sistema vascular. — Substancias en circulación. — Funciones del agua en el organismo. — Mecánica de la circulación. — Resistencias. — Presión. — Velocidad.

Circulación. — Desde que las materias se absorben por el organismo hasta que se excretan, están en continuo movimiento arrastradas por los humores. Este movimiento ha recibido el apropiado nombre de circulación, porque los cuerpos movidos acaban su carrera en donde la comenzaron: vienen del medio cósmico y á él vuelven.

En las fronteras del cuerpo humano (piel y mucosas) se absorben, como hemos visto, los principios inmediatos de la nutrición y pasan con la linfa y la sangre venosa al corazón derecho; de éste, por la arteria pulmonar, al pulmón; de aquí, por las venas pulmonares, al corazón izquierdo; después, por la aorta y sus ramas, á todos los tejidos; y, en fin, á través de los intersticios que circunscriben los elementos anatómicos y de los conductillos formados por la sucesión de los *poros orgánicos*, á toda la masa viva. Los principios excrementicios son arrastrados por la corriente venosa y llevados después por la arterial á los órganos glandulares, en donde se extravasan y ganan el acervo.

División. — En el recorrido general de la circulación se pueden distinguir varios círculos parciales, á saber:

A. *Circulación de la sangre*, subdividida á su vez en dos círculos: *a.* Circulación menor ó pulmonar, cuyo recorrido comprende: ventrículo derecho, arteria pulmonar con sus ramas, capilares del pulmón, venas pulmonares y aurícula izquierda. *b.* Gran circulación, que comprende el ventrículo izquierdo, la aorta y sus ramas, capilares generales, venas cavas y coronarias, y aurícula derecha.

B. *Circulación linfática*: constituye un apéndice de la circulación general sanguínea, y se extiende desde los tejidos á las venas subelavias.

C. *Circulación intersticial*: la más importante de todas, constituye un verdadero círculo para cada elemento organizado, con su trayecto aferente desde las fronteras del elemento á todos los puntos de su masa, y eferente desde estos últimos á las primeras.

Mecanismo genérico de la circulación. — Prácticamente consideradas, las corrientes circulatorias en el organismo son líquidas, y se determinan por un desequilibrio de presión entre dos puntos del sistema y en la dirección del que está menos favorecido por ella.

Dada una masa líquida en reposo, por estar toda ella sometida á las mismas fuerzas, el equilibrio puede romperse: por *causa positiva*, ó sea aumento de presión en un punto, continuando el resto de la masa sometida á la primitiva presión; y por *causa negativa*, cuando se disminuyen las resistencias en un punto, porque se rebajan las fuerzas que actuaban sobre el mismo. Como tipo del primer caso puede citarse la corriente producida por los pistonazos de una bomba impelente; del segundo, la aspiración ocasionada por la bomba aspirante. En la circulación por el organismo se combinan los dos motivos, como en la bomba aspirante-impe-

Motores de la circulación. — En rigor, no hay más que una fuerza impelente para los líquidos que circulan por el organismo: la contracción de los músculos; pero de ella derivan dos

formas de acción que debemos considerar: la reacción elástica y la *vis à tergo*. Ninguna de las formas derivadas aporta nueva fuerza á la energía que desarrolla la contracción del protoplasma vivo: tienen su origen en la elasticidad y en la inercia, y, en tal concepto, sus funciones son meramente físicas.

Contracción muscular.— La palabra *contracción* cumple con el rigor lingüístico en cuanto vale por la acción de *acortarse* un cuerpo, y con el rigor lógico, por cuanto la contracción se verifica con reducción absoluta de la masa corpórea. Sin embargo, los fisiólogos la definen como un cambio de forma del protoplasma vivo, á cuya virtud se acorta en un sentido (contracción), lo que engruesa en otro. Los músculos impulsores de la circulación afectan la forma de cavidades, y por su contracción, llamada *sístole*, borran la cavidad y expulsan el líquido que la llenaba.

En griego se traduce Συστολή, *sisole*, la palabra contracción, de donde viene *sístole* en la acepción específica de contracción cardíaca, y en la genérica de contracción de las vesículas contráctiles de los protozoarios.

Los protozoarios son seres monocelulares por lo general, y sencillos y rudimentarios siempre. Carecen de tejidos y de órganos, y sólo se hacen notar, en punto á estructura, por unas cavidades ó vacuolas del protoplasma, que reciben el nombre de *vesículas contráctiles*. Tan simple como su cuerpo es la función de estos pequeños organismos, y asaz curiosa la actividad de las *vacuolas*: unas veces comunican con el exterior y se dejan llenar pasivamente por el agua que las baña; otras están encerradas en el protoplasma, y entonces se llenan con el jugo plásmico; pero en uno y otro caso, cuando se repleta la vesícula, se contraen sus paredes y expulsan el contenido. En el primer acto, llamado de *diástole*, el protoplasma es pasivo y sólo pone en juego su elasticidad, propiedad física que depende de su estructura; en el segundo, que conocemos por *sístole*, el protoplasma es activo, funciona como contráctil y goza de contractilidad á título de vivo. Más tarde volveremos sobre el ritmo diastólico-sistólico de los protozoarios, para explicarnos el ritmo del corazón en los animales superiores.

La contracción del protoplasma, ya sea sencillo ó complicado (músculos), actúa como agente impulsivo de los líquidos, á la manera como lo hace la pared de la *vacuola contráctil*. En todo caso siempre se reduce el

problema á una cavidad de forma variable, pero con paredes contráctiles, que reaccionan sobre la masa líquida; y como los líquidos son prácticamente incompresibles, escapan por las aberturas de la cavidad. Si tiene una sola abertura, claro es que por ésta se verificará la expulsión del líquido; pero si tiene dos ó más, la corriente toma la dirección de la menor resistencia. Y 322

Reacción elástica.— Como su nombre indica, consiste en la vuelta á la posición normal que realizan los cuerpos elásticos cuando se les separa violentamente de su situación. La reacción elástica es proporcionada á la violencia, y el recobro de la situación normal es completo cuando la elasticidad del cuerpo es perfecta.

La reacción elástica, aun cuando la elasticidad de los cuerpos sea perfecta — y prácticamente no lo es nunca, — no añade fuerza; lo único que hace es administrarla y pagarla cuando la acción impulsiva cesó, con lo cual se transforman en continuas las corrientes promovidas por pistonazos intermitentes.

Valga un ejemplo. Supongamos que un líquido es impulsado con cierta fuerza en el interior de un tubo elástico ya lleno ó casi lleno por una oleada anterior: el líquido recién llegado empujará al ocupante hacia el otro extremo del tubo, y vencerá la elasticidad de sus paredes y le dilatará. Si en este momento cesa la impulsión, el tubo, por su elasticidad, tiende á su calibre primitivo, reacciona sobre el líquido y le empuja en la dirección de la corriente. La reacción elástica, en este ejemplo, no hace más que pagar la fuerza que antes recibió: de donde la reacción elástica no es más que una consecuencia dinámica de la fuerza impulsiva, que tiene por objeto prolongar la acción del impulso y transformar en continua una corriente que se engendra por pistonazos alternos.

Vis à tergo.— Esta frase latina quiere decir fuerza de atrás, y los fisiólogos la emplean para señalar el impulso que anima á un líquido en el momento en que sorprendemos su movimiento. En este sentido, se dice *vis à tergo* de la sangre al derrame de los capilares en las venas. Mecánicamente, la *vis à tergo* es la velocidad con que se mueve un líquido que ha recorrido ya un

trayecto, y esta velocidad es igual á la fuerza motora, *menos* la empleada en vencer las resistencias durante el recorrido, *menos* la presión á que vaya sometido dicho líquido. En su consecuencia, la *vis à tergo* es un saldo de la fuerza motora contráctil por inercia del líquido.

Agentes que actúan por aspiración. — Estos agentes merecen el nombre de negativos porque no añaden presión, sino que la restan, y, en tal concepto, transforman en impulsoras las fuerzas que no eran más que concurrentes, ó favorecen el curso de los líquidos, que ya vienen animados de movimiento en el sentido de la aspiración.

El ejemplo más sencillo á que puedo referirme para demostrar cómo la substracción de energía puede transformar en impelentes las fuerzas que no eran más que concurrentes, es el juego de la bomba aspirante. Suprimida la presión atmosférica en un punto cualquiera de la superficie de un líquido, éste se eleva por el tubo aspirador á una altura igual á lo que vale la presión barométrica, que ha pasado, de concurrente al equilibrio del líquido contenido en el pozo, á impelente del mismo. En la aplicación de la ventosa á la superficie cutánea del hombre se da el segundo caso, ó sea la coadyuvación de la acción aspirante, ocasionada por el vacío en la campana del aparato, al movimiento que lleva la sangre por los vasos.

Vis à fronte. — Esta frase latina tiene una significación opuesta á la que antes estudié con el nombre de *vis à tergo*, y vale por fuerza presente ó actuante. El mecanismo de la acción *à fronte* es contrario de la acción *à tergo*, porque no se trata del movimiento que trae un líquido por haberlo adquirido con anterioridad, sino del que emprende cuando es atraído por una fuerza, á la manera como acuden las limaduras de hierro al imán que las atrae.

No es, en rigor, una aspiración; pero su resultado es idéntico para la circulación, y por esta causa incluyo dicha fuerza entre los agentes aspirantes.

La acción *à fronte* de los fisiólogos es análoga á la atracción molecular

de los físicos: es la que hace elevarse el líquido en un tubo capilar cuando hay atracción recíproca entre el líquido y la materia de que el tubo se forma; es la que atrae y junta dos pequeñas masas sólidas que flotan en el agua; la que reúne en gotas las moléculas líquidas, homogéneas, cuando se encuentran mezcladas con otras á quienes repugnan, como, v. gr., las gotas de aceite en el agua; ó en esferas, como ocurre con las moléculas de agua cuando caen sobre un cuerpo que no las empapa; es, en fin, la que hace que se hinchen en el agua los tejidos animales, ó sean atraídos á través de las membranas orgánicas los cuerpos difusibles.

Todos los elementos anatómicos de nuestros tejidos gozan de una doble atracción sobre los cuerpos que apetecen: una, por cuanto están empapados por el agua y entra por mucho este líquido en su composición; otra, en cuanto son sistemas moleculares con apetencia determinada.

Por virtud de esta doble atracción, los ingresos que reciba el organismo van animados de cierta velocidad, y este movimiento, en función circulatoria, es lo que constituye la *vis à fronte*. Valgan para ejemplos de ella la hipersecreción del sudor en plena anemia de la piel, como sucede en el terror y en la agonía, y la de saliva á consecuencia de una excitación del nervio simpático.

Sistema vascular. — Los líquidos circulan en el organismo por un sistema de conductos con ó sin paredes propias, pero siempre continuos, cerrados, tortuosos, elásticos y contráctiles. De estas dos últimas condiciones se deduce la inconstancia para el calibre del conducto y las alternativas en la capacidad del sistema.

En los animales superiores se dan dos sistemas de conductos para la circulación: uno, que recibe el nombre de intersticial; y otro, dicho cardiovascular, que se compone de un conjunto de vasos con paredes propias, que tienen por centro un órgano musculoso y hueco, el corazón. Los dos sistemas de conductos se combinan para casi todos los tejidos, pero hay algunos que se distinguen por carecer de vasos sanguíneos, y en ellos la circulación es completamente intersticial. Valgan de ejemplos la córnea, el cristalino y los cartílagos.

La circulación cardio-vascular es de perfeccionamiento, y supone gran energía en el cambio nutritivo; por eso su velocidad guarda relación con la del trabajo realizado por el individuo en la unidad de tiempo. Pero la

mayor actividad en la nutrición no puede alterar las leyes fundamentales del cambio atómico, y de aquí que ningún sér organizado pueda vivir sin circulación intersticial.

En orden de importancia, la circulación intersticial es superior y anterior á la cardio-vascular, como lo demuestra la embriogenia; pero una y otra son indispensables á la vida del hombre. La sangre lleva á todos los tejidos los elementos para su nutrición, y estos elementos ganan los destritos protoplasmáticos caminando por los conductos intersticiales: desde este punto de vista, pudiera compararse la circulación sanguínea á los ferrocarriles y vapores, que llevan á todas partes los paquetes de la correspondencia, y la intersticial á los peatones y carteros, que desde las estaciones ó muelles llevan á cada casa y vecino la carta que le está destinada.

Los vasos sanguíneos son de tres clases: arterias, venas y capilares. Todos son contráctiles y elásticos, y están completamente cerrados.

El calibre parcial de cada vaso está en razón inversa del calibre total del sistema, y directa del número de conductos de la misma especie: así, los capilares son en número infinitamente mayor que las arterias, tienen calibres ínfimos, como dice su nombre, y suman un calibre total 800 veces superior al de la aorta. Las venas son más numerosas y suman un calibre total muy superior al de las arterias.

Las arterias se ramifican hacia los capilares, aumentando el calibre total al mismo tiempo que aumenta su número. Las venas confluyen desde los capilares á unos cuantos troncos, y su ramificación, por tanto, es inversa á la de las arterias. Los capilares ocupan una situación intermedia entre las arterias y las venas.

Los conductos intersticiales, sin paredes propias, son de dos clases: unos que están limitados por los elementos anatómicos, y que reciben los nombres de conductos plásmicos, lagunas ó espacios intercelulares, etc.; y otros íntimos ó intra-anatómicos, formados en el espesor del elemento celular, por la sucesión de los poros orgánicos. Entrambos conductos son elásticos y contráctiles, porque de las dos propiedades goza el protoplasma.

Substancias en circulación.—Las corrientes que circulan en el organismo son líquidas, acuosas, y, por tanto, las sustancias que arrastran han de ser solubles en el agua, ó de muy pequeño volumen, para que puedan correr con el líquido. La pequeñez de los cuerpos sólidos que circulan está requerida también por la estrechez de los conductos capilares é intersticiales.

Funciones del agua en el organismo. — Los seres vivos poseen una riqueza de agua considerable; tanta, que por desecación se reducen al 20 por 100 de su peso primitivo. El agua cumple en los seres vivos un triple papel: 1.º *Químico*, en cuanto entra en la composición de la materia viva (agua de composición). 2.º *Orgánico*, porque contribuye á la forma de las moléculas organizadas y á su ulterior funcionalismo (agua de organización). Y 3.º *Mecánico*, porque se presta á disolver y conducir todas las sustancias que circulan por el organismo (agua circulante). Bajo este triple aspecto, el agua es indispensable á la vida.

Afortunadamente todos los tejidos tienen avidez por el agua, con la que se combinan y se empapan, y de aquí que el agua sea el elemento más fácil de reponer en los organismos que la han perdido accidentalmente: después de una hemorragia copiosa, se apodera del enfermo una sed irresistible, bebe sin tasa, y pronto se repone la sangre como capital líquido, aunque tarde en restablecerse su composición.

Mecánica de la circulación. — La circulación es un problema hidrodinámico que consta de dos términos: fuerza motora ó impulsiva (potencia), y masa de líquido movida (resistencia). La relación de estos dos términos nos da un tercero, que es el objeto útil de la circulación, ó sea la velocidad (movimiento); pero se trata de un líquido que se mueve en un sistema de tubos cerrados, venciendo numerosas resistencias; y de estas consideraciones surge un nuevo factor, la presión. He estudiado la potencia ó causa del movimiento; por tanto, me ocuparé sucesivamente de la resistencia, de la presión y de la velocidad.

Resistencias. — Debo tratarlas en plural, porque son varias, á saber: el peso del líquido, el rozamiento y la presión atmosférica. Todas ellas aumentan con la extensión del recorrido, ó sea con la longitud de los tubos.

La gravedad varía en los diversos puntos del globo, pero sus oscilaciones tienen muy poca importancia en el problema de la circulación.

La presión atmosférica también es muy variable según las diversas alturas y los fenómenos meteorológicos, y su intervención en el círculo es muy compleja é interesante.

El rozamiento, como dice su significado, es el obstáculo que opone al círculo, la colisión entre las moléculas del líquido y las que componen la pared del tubo. De un modo general, esta colisión es tanto mayor cuanto más denso es el líquido, disminuye con la temperatura y aumenta con su viscosidad é insipituid. Cuando el líquido moja á la substancia que forma la pared, se constituye una capa inmóvil de moléculas líquidas, suerte de tubo líquido inscrito en el vaso, y por dicho tubo de pared líquida es por donde se verifica la circulación: en este caso, el rozamiento depende de la colisión de las moléculas líquidas y es proporcional á la atracción que ejercen entre sí.

Al rozamiento hay que añadir todos los choques, desvíos y colisiones que experimenta el líquido en su curso, ya cuando choca con el codo de un vaso tortuoso, ora cuando confluyen dos corrientes en ángulo, ora si chocan con el espolón que forma un vaso al bifurcarse, etc., etc. El rozamiento es enorme en la circulación capilar: primero, porque se aumenta el conflicto entre el líquido y la pared á medida que el calibre disminuye; y segundo, porque las células que arrastra la sangre tienen más volumen que la luz del capilar y han menester deformarse y reducirse para atravesarlos. De todas las resistencias que se oponen al círculo, la más importante en magnitud es la que corresponde á los rozamientos en los capilares.

Presión. — Es la fuerza que anima al líquido circulante, y se descompone en dos cantidades desiguales: 1.^a, la fuerza destinada á vencer todos los obstáculos que se oponen á la circulación del líquido (resistencias); 2.^a, la empleada en el movimiento, ó sea la velocidad (trabajo útil). En igualdad de trabajo motor, la presión crece con las resistencias; y cuando éstas no existen, aquel trabajo equivale á la velocidad.

En su consecuencia, se calcula la presión por la altura á que se eleva el líquido cuando se secciona el vaso, ó por el peso de una columna de líquido de densidad conocida, á que hace equilibrio. Halle calculaba la presión de la sangre por la altura á que se elevaba en un tubo de cristal que introducía en el vaso:

modernamente la averiguamos con un manómetro de mercurio, es decir, oponiendo á la presión de la sangre el peso de un cilindro de mercurio que la equilibre.

El capital de fuerzas que llevan los líquidos para vencer las resistencias, va mermando á medida que éstas van vencidas: logra su máximo antes de luchar con la primera, y llega á cero inmediatamente que vence la última. Mientras el líquido circula, el capital de energía que no se ha empleado aún en dominar las resistencias se manifiesta como *presión*, y de aquí que ésta tenga su mayor valor en el orificio de salida, y su mínimo en el de derrame.

La fuerza representada por el trabajo de las resistencias va extinguiéndose á medida que el líquido se aproxima al orificio de salida; pero no se pierde, sino que se transforma en fuerza viva, calor ó movimiento.

De lo expuesto se deduce que debe haber cierta relación entre la presión y la velocidad. Esta relación la estiman los físicos en el cuadrado, es decir, que la presión aumenta como el cuadrado de la velocidad, y ésta como la raíz cuadrada de la presión. ⁽¹⁾

Velocidad. — Es el trabajo útil de la circulación, como repetidamente queda dicho, y se mide por la unidad de espacio corrida por el líquido, en la unidad de tiempo.

La velocidad de la circulación aumenta con la fuerza impelente cuando las resistencias son las mismas; pero tiene relaciones muy estrechas con la forma y calibre de los tubos. En las partes estrechas, la sangre, como los ríos, aumenta la velocidad de su corriente, y lo contrario ocurre en las partes anchas donde el líquido se embalsa. En los tubos capilares, la velocidad disminuye mucho, á causa del enorme rozamiento, y en general aumenta cuando menguan las resistencias.

(1). Es decir que si á una presión como $\frac{1}{9}$ corresponde la velocidad $\frac{1}{3}$ y representamos por $\frac{1}{9}$ la perteneciente á una presión 9 se verificará que $\frac{1}{9} = \frac{1^2}{3^2} = \frac{1}{9}$ y viceversa que $\frac{1}{9} = \frac{1^2}{3^2}$

Leccción XXV.

Sangre.

Sumario: Sangre. — Caracteres y propiedades. — Coagulación de la sangre. — Teoría de la coagulación de la sangre. — Diversas hipótesis. — Fibrinógeno y substancia fibrinoplástica. — Fermento de la coagulación. — Sales de cal. — Agentes que modifican la coagulación de la sangre.

Sangre. — Es el primero de los humores, porque todos los demás proceden ó van á parar á él: circula constantemente por el sistema vascular y constituye el vehículo de todas las substancias que juegan en el cambio nutritivo. Físicamente considerada la sangre, es un río que corre por el organismo, llevando en disolución los elementos del cambio atómico, y que arrastra células vivas, llamadas glóbulos.

Caracteres y propiedades de la sangre.—Es un líquido viscoso, más denso que el agua, de color rojo, de tono sombrío y matiz que oscila entre escarlata y púrpura, sabor salado, olor *sui generis*, variable según los individuos, y reacción alcalina.

La sangre se compone de una parte líquida, llamada plasma, y de otra sólida, constituida por los glóbulos: la proporción entre una y otra varía con la edad y el influjo de diversas circunstancias, siendo lo ordinario que en el adulto la proporción de plasma exceda á la de glóbulos, y á la inversa en el feto.

Coagulación de la sangre.—Inmediatamente que la sangre pierde sus relaciones normales, aumenta su viscosidad, y en un término perentorio se coagula: esta coagulación puede verificarse en el interior de los vasos vivos, en ciertos estados patológicos, y de hecho tiene lugar cuando la sangre se derrama en un recipiente cualquiera.

La coagulación que se verifica en el primer caso corresponde á la Patología, y en el segundo toca á la Química biológica, porque desde el momento en que la sangre sale de los vasos es un producto orgánico, no organizado, y sus funciones son químicas, no vitales. Sin embargo, todos los libros de Fisiología tratan de la coagulación de la sangre, y yo, siguiendo la tradición y mirándome en las fecundas deducciones que este tema puede prestar á la Patología, no vacilo en estudiarlo con la extensión que merece y, por la misma causa, me contraeré al proceso de la coagulación en el interior de los vasos vivos, hecho completamente distinto al fenómeno químico ó cadavérico de la coagulación extravascular.

Inmediatamente que la sangre sale de los vasos, y á menos que intervenga alguno de los agentes que retardan la coagulación, se pone viscosa; al cabo de pocos minutos se hace un pan, y en estas condiciones puede invertirse el vaso que la contiene sin que se derrame una gota. Luego empieza á exudarse de la superficie del coágulo, y entre éste y el vaso, un líquido claro, de color amarillo, que es el suero, el cual va aumentando poco á poco y á la vez se retrae el coágulo. Por último, el coágulo retraído, que conserva la forma del vaso, queda nadando en el suero.

Por la parte superior ó superficial, el coágulo es de color grisáceo, y se la llama *costra inflamatoria*. Por el fondo, el color es rojo obscuro. Débese esta diferencia entre la superficie y el fondo, á que en éste se acumulan los glóbulos rojos, que son los elementos de mayor peso, mientras que los glóbulos blancos, menos pesados, se quedan en la superficie, presos entre las redes de fibrina y constituyendo la costra inflamatoria.

Si se examina al microscopio una gota de sangre que se está coagulando,

nótase que las fibrillas de fibrina arrancan de las plaquetas de la sangre, y el coágulo semeja á una especie de fieltro, entre cuyas mallas se contienen los glóbulos.

Teoría de la coagulación de la sangre. — La coagulación de la sangre es debida á la producción de un cuerpo proteico insoluble, llamado fibrina.

La fibrina no existe en la sangre normal; se produce en algunos estados patológicos por función química de ciertos cuerpos, de los cuales unos son constantes y otros accidentales en el plasma. Aún no se conoce exactamente la constitución de la fibrina; pero, según las mayores probabilidades, intervienen en ella tres factores, todos indispensables para su fábrica, pero distintos por su origen y funciones, á saber:

1.º El fibrinógeno, substancia proteica disuelta en el plasma normal, y que puede considerarse como el núcleo de constitución de la fibrina.

2.º Un fermento amorfo, que no existe normalmente en la sangre y que se produce en determinadas condiciones, por desintegración de los protoplasmas en general y de los glóbulos sanguíneos particularmente.

3.º Sales de cal, que concurren con el fibrinógeno á la constitución de la fibrina; se encuentran normalmente en el plasma.

En razón de lo expuesto, resulta la fibrina un compuesto proteico de cal, producido por acción inductiva de un fermento, y el origen de éste y su evolución, el punto más interesante en la historia de la trombosis.

Pocos puntos han sido más discutibles y discutidos en la ciencia que el origen de la fibrina; y á pesar de las muchas y concienzudas investigaciones que se vienen haciendo desde hace años, aún no hemos salido del período conjetural. Procuraré ser en la exposición de las teorías sobre el origen de la fibrina todo lo sobrio que me permita la claridad.

La más antigua de las teorías experimentales se debe á Denis. Para dicho autor, la fibrina preexiste en la sangre en forma de un proteído soluble, la *plasmina*, y se desdobra por determinadas influencias en dos substancias,

una insoluble, que es la *fibrina concreta*, y otra que se disuelve, y es la *fibrina soluble*. Esta hipótesis pertenece hoy á la historia, y, sin embargo, tiene una parte cierta que yo he podido comprobar. Cuando se trata la fibrina fresca con las disoluciones de cloruro de sodio del 5 al 15 por 100, una parte se disuelve y da las reacciones de la globulina, y otra queda insoluble y es la plasmina concreta de Denis.

La de Schmidt, mejor fundada, ha tenido la fortuna de imperar en la ciencia durante muchos años, hasta que la investigación ha aportado nuevos datos al problema. La fibrina resulta, según Schmidt, de la combinación de dos sustancias proteicas: el *fibrinógeno*, que existe disuelto en el plasma, y la *paraglobulina ó materia fibrinoplástica*, que procede de la destrucción de los glóbulos blancos; pero esta combinación no se verifica sin la intervención de un fermento (*brady-fibrina*). Esta hipótesis descansa en hechos experimentales justamente interpretados; y en lo que se refiere al fibrinógeno, al papel del fermento y á la intervención que en el coágulo toman los glóbulos blancos, todavía puede considerarse como vigente; en cambio, resulta incompleta é incapaz de abarcar todos los fenómenos que se refieren á la trombosis.

Hammarsten simplificó la teoría de Schmidt suprimiendo la intervención de la sustancia fibrinoplástica: según él, la fibrina resulta de la transformación molecular del fibrinógeno por virtud del fermento. Esta hipótesis reduce la historia de la trombosis á un caso de fermentación, siendo el fibrinógeno la sustancia fermentescible, y la fibrina el producto, y puede considerarse como un paso evolutivo, porque, como se verá más adelante, la llamada materia fibrinoplástica no es más que portadora del fermento.

Arthus, Pages, y después Pekelharing, demostraron experimentalmente el papel de las sales de cal en la coagulación de la sangre. Es verdad que, mucho tiempo antes, Brücke había denunciado la riqueza de cal que ofrecían las cenizas del coágulo; pero á Arthus y á Pages se debe la prueba de la incoagulabilidad de la sangre cuando previamente se la priva de sales de cal por el oxalato de potasa, y á Pekelharing una serie de experiencias demostrativas del impedimento que oponen á la coagulación todas las sustancias que, como las peptonas, el jabón y el oxalato de potasa, retienen ó precipitan las sales de cal, así como la contraprueba de que el cloruro ó el sulfato de la última base determinan una rápida trombosis cuando se les inyecta en la sangre. Aún fué más allá en sus experiencias Pekelharing, y concluyó que el fermento no existe en la globulina (sustancia fibrinoplástica) sino como zimógeno, y por virtud de la cal, este zimógeno se convierte en fermento activo para la obra de la coagulación.

Fibrinógeno. — Fué descubierta esta substancia por Denis, que la llamó plasmina, y descrita clásicamente por Schmidt, que la puso el nombre que lleva. Este último autor la distinguió de otra substancia que también se encuentra en el plasma de la sangre, la fibrinoplástica, que procede, según el mismo, de la desintegración de los glóbulos blancos. Gannal describió, con el apellido de hidropirina, la substancia fibrinoplástica, y antes y después ha recibido de Khüne el nombre de paraglobulina, y de Wely el de seroglobulina.

A su vez, el fibrinógeno ha sido denominado por Wooldrige tejido fibrinógeno, y con todos estos nombres se ha involucrado la literatura médica á un punto, que es difícil entender á un autor después de haber leído otro.

Tengo para mí, y sigo en este criterio á Halliburton¹, que los nombres de fibrinógeno, tejido fibrinógeno, fibrinoplastina, paraglobulina, hidropirina y seroglobulina, designan modificaciones de una misma substancia, que se ofrece con distintos caracteres, según el procedimiento que se use para obtenerla y su grado de pureza.

En prueba de este aserto, describiré las propiedades generales de esta substancia, que convienen á todos los cuerpos descritos bajo diversos apellidos por los autores.

El fibrinógeno, nombre que antepongo á todos porque nada prejuzga acerca de su naturaleza, parece una globulina y es soluble en el agua oxigenada, en los líquidos débilmente alcalinos y en las soluciones débiles de sal común. Sus soluciones no se coagulan, pero sí precipitan por el calor, y dan un precipitado grumoso cuando se las trata por el cloruro de sodio ó el sulfato de magnesia en exceso; precipita también por el ácido carbónico á gran corriente, teniendo cuidado de diluir la solución de fibrinógeno en mucha agua, y por el ácido acético. No juega el mismo papel

¹ *British Medical Journal*, núm. 1.682. Marzo 1893.

en la coagulación el fibrinógeno cuando se obtiene por uno u otro procedimiento, sino que, por el contrario, varía en cada caso, y esto hace pensar que pierde ó gana algo, y este algo debe ser el fermento, segundo factor de la coagulación.

El fibrinógeno se encuentra constantemente en el plasma, y procede del metabolismo de las células de todo el cuerpo, sin que milite en pro de este privilegio para los glóbulos sanguíneos más razón que la vecindad. Á falta de otras células, el protoplasma de los leucocitos, de las plaquetas y de los hematies proveen de fibrinógeno á la sangre.

Es posible que el fibrinógeno proceda también del metabolismo de la digestión, ó sea de la transformación de los proteidos de los alimentos por los jugos gástrico y pancreático. Así parece deducirse de los análisis de la sangre practicados por Dastre ¹. De dichos análisis resulta que la sangre arterial produce el 1,57 por 1.000 de fibrina, en tanto que la sangre venosa de las meseraicas arroja 4,12 por 1.000. Estas cifras prueban elocuentemente que por absorción intestinal entra en la sangre una gran cantidad de fibrinógeno; pero no todo el que ingresa pasa á la circulación general, sino que parte se destruye al pasar por el hígado y el riñón, según demuestran estas otras cifras, que tomo de los trabajos del citado fisiólogo:

Cantidad de fibrinógeno circulante: 85 miligramos por kilogramo de peso del animal (perro).

Cantidad de fibrinógeno que corresponde á la sangre en totalidad: 1,69 por 1.000.

Cantidad de fibrinógeno que corresponde á la sangre arterial: 1,52 por 1.000.

Idem íd. á la sangre de la vena porta, según Lehmann: 3,98 á 5,07 por 1.000.

No se señala cifra para la sangre venosa general, ni para la de las venas suprahepáticas y renales, pero se afirma ser mucho menor que la correspondiente á la sangre arterial. De aquí concluye Dastre que, frente al hígado y al riñón, órganos destructores, deben colocarse el intestino y el pulmón como productores de fibrinógeno.

En cuanto á la llamada substancia *fibrinoplástica* ó *paraglobulina*, no se diferencia, en rigor, del fibrinógeno más que en el

1 *Archives de Physiologie*, Abril, 1893.

grado de calor á que se precipitan: la paraglobulina se precipita á 75° C., y el fibrinógeno á 56° C.

Fermento. — Desconocemos su constitución y sólo tocamos sus efectos; sin él no hay fibrina. El fermento es un producto accidental y patológico, producido por una mala evolución del metabolismo de las células, y se une con bastante tenacidad á los cuerpos proteicos, especialmente al fibrinógeno. Este último carácter le asemeja á los demás fermentos amorfos que conocemos; en cambio se distingue de todos porque emplea la cal para sus fermentaciones, en vez del agua, aprovechada por los otros; es decir, que lejos de obrar por hidratación, como la amilosa ó la pepsina, actúa por calcificación.

Es un hecho que el fermento se une en ciertas condiciones á la núcleo-albúmina; pero no debe confundirse con esta substancia, como lo prueba que cuanto mayor es la pureza de la núcleo-albúmina, menor es su actividad en la coagulación, y que al fin se torna inerte en fuerza de lavados. Al principio se creyó si el fermento sería la lecitina, que muchas veces se encuentra mezclada á la núcleo-albúmina; pero se demostró que las inyecciones de lecitina pura no determinaban coagulación, y, en cambio, núcleo-albúminas privadas de lecitina las producían muy extensas.

Tratando la sangre por varias veces su volumen de alcohol absoluto, todas las substancias proteicas se precipitan y al cabo se coagulan. Dejando la sangre en digestión en el alcohol varios días, para que los albuminoides se coagulen, obtenía Schmidt un extracto que no se disolvía en el agua, y, sin embargo, el agua del lavado ó el extracto mismo gozaban de la virtud de coagular los líquidos que contienen fibrinógeno, el del hídrotele, por ejemplo. El extracto, pues, contenía el fermento activo, á pesar de la acción del alcohol. Hammarsten primero, y Halliburton después, demostraron que, si la acción del alcohol se prolongaba por espacio de seis ó siete meses, el fermento acababa por perder su actividad ¹.

El fermento se destruye hacia los 75° C., lo cual prueba, á juicio de Halliburton, que su naturaleza es proteica.

¹ Halliburton, obra citada, pág. 241.

Sales de cal. — La cal se encuentra constantemente en el plasma sanguíneo combinada con el ácido fosfórico, constituyendo un fosfato tribásico; su acción sobre el fibrinógeno es decisiva, como demuestran los experimentos de Arthus y Pekelharing, ya citados, y los de Halliburton y Brodie. Estos últimos experimentadores inyectaron 10 c. c. de una disolución de peptona al 10 por 100 por la vena yugular de un conejo, previamente anestesiado. Un minuto después se hizo una pequeña sangría al conejo, y la sangre tardó en coagularse veinte minutos. Entonces se volvió á inyectar 50 c. c. de una disolución de cloruro de cal al 1 por 100, y una nueva sangría hecha inmediatamente después probó que la sangre se coagulaba á los pocos segundos. La peptona, por su afinidad para las sales de cal, descalcifica la sangre é impide la coagulación.

El mismo resultado obtuvieron los experimentadores citados inyectando disoluciones de oxalato de potasa y jabón, que precipitan las sales de cal.

Hemos repetido en cátedra y en el laboratorio las inyecciones de peptona en la yugular de los perros y comprobado el efecto retardante sobre la coagulación.

En suma: la coagulación de la sangre tiene lugar por el concurso de tres factores: dos de ellos, el fibrinógeno y las sales de cal, se encuentran en el plasma ordinario; el tercero, ó sea el fermento, se origina en condiciones anormales, y, por tanto, la génesis de la trombosis está ligada íntimamente á la del fermento. Esta conclusión parece desconsoladora, puesto que hemos confesado nuestra ignorancia acerca del fermento; pero no es inútil lo investigado, porque nos enseña el influjo de una porción de circunstancias que concurren á la coagulación de la sangre.

Agentes que modifican la coagulación de la sangre. — Desde luego la aceleran el calor, hasta los 40° C., el batido, la rugosidad de las superficies y cuantos agentes físicos ó químicos sean capaces de destruir los glóbulos sin alterar la

constitución del fibrinógeno, ni impedir la acción del fermento.

Por lo que hace á los agentes que impiden ó aplazan la coagulación, podemos clasificarlos por su acción en cuatro grupos.

1.º Agentes que modifican el estado molecular del fibrinógeno y le hacen inapto para su transformación en fibrina.

En este grupo se encuentran el calor á una temperatura superior á 40º y todos los reactivos coagulantes (sales metálicas, cloruro de oro, etc.), el veneno de la víbora y las disoluciones concentradas de sales neutras, tales como el cloruro de sodio, sulfato de sosa y de magnesia y nitrato de potasa.

2.º Agentes que impiden la producción del fermento, evitando la desintegración de los glóbulos.

En este grupo se encuentran las disoluciones de azúcar, la glicerina, el aceite que lubrica la vasiija en donde se recibe la sangre, y los vasos vivos.

3.º Agentes que anulan ó destruyen la acción del fermento.

Cuéntanse en este grupo el frío y el calor, el sulfuro de carbono y el ácido carbónico. La acción de este último es muy compleja.

4.º Agentes que fijan ó precipitan las sales de cal.

Corresponden á este grupo el jabón, las peptonas y el oxalato de potasa.

Leccción XXVI.

Sangre (Continuación).

Sumario: Reconocimiento de la sangre. — Densidad. — Color. — Olor. — Sabor. — Alcalinidad. — Alcalimetría de la sangre. — Cantidad de sangre: procedimientos de Welcker y Tarchanoff para averiguarla.

Densidad. — El peso específico de la sangre es muy variable, pero sus oscilaciones en el estado normal se encuentran entre las cifras 1,050 y 1,070 con relación al agua destilada. La densidad de la sangre guarda relación con la cantidad y calidad de principios sólidos disueltos en el plasma, y con el número y calidad de los glóbulos en circulación.

Para averiguar la densidad de la sangre, se procede á compararla con una solución salina de peso específico conocido, pues de otro modo se necesitaría una cantidad relativamente elevada de líquido y un procedimiento para impedir la coagulación; con todo lo cual resultaría inaplicable á las investigaciones clínicas.

Al efecto, se comienza por preparar varias soluciones de cloruro de sodio ó de sal de Glaubero de densidades comprendidas entre los números extremos de las oscilaciones normales, y después, con una pipeta, se aspira una pequeña cantidad de sangre y se vierte gota á gota en las disoluciones, hasta que se da con una en que la gota colorada no ascienda ni descienda: la densidad de esta solución es igual á la que se busca. Procediendo con rapidez, la sangre no se coagula; mas para evitarlo se la puede mezclar en volúmenes iguales con una solución de sal marina al 3 por 100, y en este caso se tiene en cuenta para el cálculo la densidad de la solución mezclada.

Sulfato sódico hidratado. En Maternidad (Cegre) y Zaragoza se encuentran importantes cantidades de esta sal

La densidad de la sangre es menor en la mujer que en el hombre, y menor todavía en la mujer embarazada. En igualdad de sexo, la densidad aumenta con la absorción de los productos digestivos, y cuando ocurren grandes pérdidas de agua, como sucede en la poliuria, después de grandes sudores y en la diarrea. Por el contrario, disminuye por ingestión de grandes cantidades de agua, y sobre todo después de las hemorragias copiosas: en este último caso se apodera del enfermo una sed irresistible, y pronto se repone la masa de líquido á expensas del agua.

Color. — El color de la sangre depende del número, volumen y calidad de los glóbulos rojos, así como de la combinación de la hemoglobina con el oxígeno y otros gases. En el estado fisiológico, el color de la sangre varía en la venosa respecto á la arterial: en la primera es púrpura, por la gran cantidad de hemoglobina reducida que contiene; y escarlata en la arterial, por la hemoglobina oxigenada. La sangre venosa es además dicroica, pues ofrece un color rojo á la luz refleja, y verde vista por transparencia. La sangre privada de gases tiene color obscuro.

Como los glóbulos rojos son el factor más importante en la densidad de la sangre y á ellos debe este líquido su color, se relacionan el peso específico y la coloración. Los médicos aprovechan esta relación y deducen el estado de la sangre por el color de los tegumentos.

La coloración de la sangre se aprecia comparándola con otra que se toma por tipo. Al efecto se hacen dos disoluciones con el mismo título, una de sangre normal y otra de la que se ensaya, y se vierten en dos copas, ó mejor en dos cubetas de buen cristal y con caras paralelas, para evitar la refracción. Los glóbulos rojos se destruyen en el agua, como veremos más adelante; la hemoglobina se disuelve y da un color uniforme al soluto.

Olor. — El olor de la sangre se asemeja al del hálito, y reconoce por causa los ácidos grasos volátiles, las sales de los mismos ácidos, y quizá un poco de trimetilamina (Gautier). El olor varía con los individuos, es siempre enfadoso y produce impresión antipática, y hasta trastornos nerviosos en las personas poco familiarizadas con él. Nuestro sentido del olfato no está desarrollado hasta el punto de distinguir por el olor las diferencias indivi-

duales de la sangre; pero se aprecian bastante bien las de un animal á otro, como, v. gr., del perro, la rana, el hombre, etc. Para aumentar la impresión, es conveniente añadir á la sangre un poco de ácido sulfúrico.

La cantidad de ácidos grasos volátiles en la sangre se aumenta en ciertas formas de braditrofias; y en algunos envenenamientos (arsénico, cianuros), suele la sangre ofrecer un olor particular que facilita mucho el análisis químico, porque nos pone sobre la pista del veneno.

Sabor. — El de la sangre es salado, y se debe á las sales de sosa que están disueltas en el plasma.

Alcalinidad. — La sangre ofrece siempre reacción alcalina, contrastable con el papel de tornasol. Para ello basta mojar un pedazo de este papel en una solución de cloruro de sodio y verter sobre él una gota de sangre, que se enjuga inmediatamente con otro pedazo de papel de filtro seco, para ver la reacción. También vale para el caso introducir en la sangre el extremo de una tirita de papel de filtro impregnado de tintura de tornasol: la parte líquida de la sangre asciende en el papel por capilaridad y muestra el color azul de la reacción. La alcalinidad de la sangre se debe al fosfato y bicarbonato de sosa disueltos en el plasma, y corresponde en intensidad á la que produciría una disolución de sosa de 2 á 4 por 1.000.

Es interesante á la experimentación fisiológica, y mucho más á la investigación clínica, medir con exactitud el grado de alcalinidad de la sangre, y á este fin se prepara una solución de un ácido cualquiera y se averigua la cantidad de sosa necesaria para saturar un centímetro cúbico de ella, y con este reactivo se practica el ensayo de la sangre. He aquí el modo de proceder que aconseja Landois ¹: Se comienza por preparar el reactivo, una solución de 7,5 gramos de ácido tártrico en un litro de agua destilada (un centímetro cúbico de este soluto satura tres miligramos de sosa). En

¹ *Traité de Physiologie humaine*, par L. Landois, traduit sur la septième édition allemande, par G. Moquin-Tandon. Paris, 1892.

seguida se prepara otra solución saturada de sulfato de sosa. Dispuestas las dos disoluciones, se toman 10 tubos de ensayo y se mezclan dichas soluciones en proporción diferente para cada tubo, á saber: I, 10 partes de la solución de ácido tártrico y 100 de la de sulfato de sosa; II, 20 de ácido tártrico y 90 de sulfato de sosa; III, 30 de ácido y 80 de sulfato; IV, 40 de ácido y 70 de sulfato; V, 50 de ácido y 60 de sulfato; VI, 60 de ácido y 50 de sulfato; VII, 70 y 40; VIII, 80 y 30; IX, 90 y 20; y X, 100 y 10. Todas estas soluciones deben tener un exceso de sulfato de sosa depositado en el fondo. Después, con una pipeta graduada se aspiran iguales cantidades de sangre y de cada una de las soluciones, empezando por la primera, y se vierten las mezclas en sendos cristales de reloj, agitándolas con papel de tornasol, hasta que aparezca la reacción ácida, lo cual se conoce porque el dicho papel toma color rojo. La alcalinidad de la sangre es medio saturada en el adulto por la solución V ó la VI, y en el niño por la IV.

Cantidad de sangre.—Debe entenderse bajo este epígrafe la cantidad total que posee el cuerpo; pero como los componentes de la sangre varían de un momento á otro, han de referirse los cálculos á su composición media normal.

La cantidad de sangre cambia constantemente, porque los ingresos y las pérdidas varían á cada instante de la vida; pero estas oscilaciones normales tienen un límite para el individuo, según la edad, el sexo, el temperamento, etc. La cantidad de sangre en un hombre adulto y bien constituido se calcula en $\frac{1}{13}$ del peso del cuerpo, ó sea de 4 á 4,50 kilogramos; para el recién nacido, en $\frac{1}{10}$ del mismo peso; mas esta última cifra es muy variable, según el tiempo que media entre el nacimiento y la ligadura del cordón umbilical, oscilando de ella á $\frac{1}{9}$ cuando la ligadura se practica inmediatamente después del nacimiento. En la mujer, la cantidad de sangre es menor que en el varón, si bien aumenta en el embarazo. Á igualdad de sexo, está en razón inversa de la talla, y es mayor en los jóvenes que en los viejos.

Carecemos de un procedimiento para calcular con exactitud la cantidad de sangre que posee un individuo: todos los que se han propuesto ofrecen graves inconvenientes, y sólo uno es aplicable al hombre. No obstante la falta de exactitud, estas investigaciones han procurado datos preciosos á la Fisiología; porque si no dan un resultado íntegro, dan las diferencias, y éstas son precisamente las que interesan, pues, como queda dicho, no existe una cantidad constante de sangre para cada individuo.

Entre los numerosos procedimientos para calcular la sangre, sólo haré mención de dos: el de Welcker, modificado por Gscheidlen ¹, que goza de mayor crédito, y el de Tarchanoff, por ser aplicable al hombre vivo.

Procedimiento colorímetro de Welcker, modificado por Gscheidlen. — Se recibe directamente en un vaso la sangre que fluya por la carótida abierta en un animal, habiendo pesado previamente el vaso y el animal; se desfibrina la sangre y se determina su peso. Se toma en seguida una pequeña porción de esta sangre y se la somete á una corriente de óxido de carbono, hasta que el líquido tome un color rojo cereza, lo cual indica que se ha formado hemoglobina oxicarbonada. Á continuación se introduce una cánula en figura de *T* por los dos extremos de la carótida seccionada, y se introduce á través del sistema vascular una corriente de disolución de sal marina al 0,6 por 100. Esta solución lava todo el sistema y arrastra la sangre que pudiera contener, y se la deja fluir por la vena yugular ó por la carótida hasta que salga completamente incolora. Hecho esto se corta á pedacitos el cuerpo del animal y se pesa todo él — á excepción del contenido del estómago é intestinos — y se le macera en el agua durante veinticuatro horas; después se prensa para que escurra el agua que lo impregna, y el total líquido se filtra, se mezcla á la solución que sirvió para el lavado y en junto se pesa. Una pequeña cantidad de este líquido, saturada también por el óxido de carbono, se coloca en un hemátímetro, especie de vaso con caras paralelas separadas entre sí un centímetro de distancia; en otro hemátímetro se coloca un centímetro cúbico de sangre oxicarbonada (de la primera sangría) y se añade agua destilada, con una bureta, hasta que la solución presenta el mismo color que la contenida en el primer hemátímetro. Teniendo presente el peso del cuerpo, el de la sangre recibida de la carótida, el del agua del lavado y maceración y el agua destilada que se añadió al centímetro cúbico de sangre para igualar la coloración, un simple cálculo da la cifra total de la sangre. La modificación introducida por Gscheidlen consiste en la oxicarbonización de la sangre, porque la hemoglobina tiene un color más permanente cuando se combina con el óxido de carbono que si lo está con el oxígeno.

Con este procedimiento, llamado colorimétrico, no se averigua directamente la cantidad de sangre sino en relación con la hemoglobina, y, por tanto, se alejará de la exactitud cuanto diste la sangre de su composición normal. Además entran en juego otras materias colorantes, que no son

1 *Physiologische methodik*, 1868. (Cita de Beaunis).

de la sangre; pero, con todos estos inconvenientes, el método de Welcker es el mejor de todos.

Procedimiento de Tarchanoff ¹.— Consiste en someter un hombre á fuerte sudación en un baño ruso, y determinar la pérdida de agua experimentada por la sangre. Se dosifica la cantidad de hemoglobina antes y después del baño, y así se obtienen todos los datos necesarios para establecer el cálculo. Sea p la cantidad de agua perdida en el baño; a la de hemoglobina contenida en un centímetro cúbico de sangre antes del baño; a' la misma cantidad después del baño, y x el volumen de sangre que se busca. Resultará:

$$xa = (x - p) a', \text{ ó sea } x = \frac{p a'}{a' - a}.$$

Con este procedimiento, lo que se obtiene es la relación de la hemoglobina al volumen de líquido, y se supone que aquella materia colorante no varía durante el experimento; por lo demás, su único mérito consiste en poder aplicarse al hombre.

¹ Beaunis, *Physiologie humaine*, troisième edition, t. 434, pág.

$$+ 2 = 10$$

$$10$$

$$2$$

$$2$$

$$x = \frac{10 \times 4}{2}$$

$xa = (x - p)a' = xa' - pa'$; como ~~se puede ver~~
~~siempre igual~~ en toda suma de dos sumandos, uno de los
 sumandos es igual a la suma menos el otro sumando
 $pa' = xa' - xa = x(a' - a)$; luego $x = \frac{pa'}{a' - a}$

Lección XXVII.

Sangre (Continuación).

Sumario: Análisis de la sangre. — Plasma. — Suero. — Caracteres físicos del suero. — Agua. — Substancias orgánicas. — Albuminoides del suero. — Sero-globulina. — Sero-albúmina. — Caseoserina. — Análisis de los albuminoides del suero. — Derivados proteicos. — Urea. — Ácido úrico. — Creatina. — Alcaloides del suero. — Pigmentos. — Hidrocarburos del suero. — Dosificación de la glucosa de la sangre. — Grasas, colessterina y lecitina. — Sales inorgánicas.

Plasma. — Analizar el plasma de la sangre vale tanto como hacer su autopsia ó necropsia, pues desde el instante que el líquido sale de los vasos, cambia de estructura molecular y ya no es lo que fué en vida.

Para analizar el plasma conviene desembarazarlo de los glóbulos y de la fibrina; en tal estado recibe el nombre de suero. De la fibrina y de sus componentes me he ocupado ya en otra lección; por tanto, limitaré este estudio al análisis del suero. El suero puede obtenerse por cualquiera de estos procedimientos: 1.º Batido de la sangre para desfibrinarla, y filtración ulterior para privarla de los glóbulos. 2.º Batido previo y después decantación en un vaso de ancha superficie; los glóbulos específicamente más pesados se depositan en el fondo. 3.º Dejar que la sangre se coagule espontáneamente, y esperar que el coágulo se contraiga y expulse el suero. 4.º Si se desea obtener el plasma (suero más fibrina), recibir la sangre en un vaso rodeado de una mezcla frigorífica (hielo machacado y sal común), y decantarla ó filtrarla para separar los glóbulos.

Caracteres físicos del suero. — Es menos denso que la sangre, pero más que el agua destilada (su densidad, en relación

á esta última, oscila entre 1.026 á 1.029), incoloro ó coloreado ligeramente en amarillo verdoso, transparente ó un poco opalino, de sabor salado y de reacción alcalina como la sangre.

Composición. — El suero es una solución acuosa, compleja de varias sustancias orgánicas é inorgánicas. Ya dijimos al tratar de la sangre, y no he de repetirlo, que la cantidad y número de sustancias que pueden encontrarse disueltas en el suero varía mucho, y en tal concepto, los análisis que siguen se referirán á un término medio normal. Estudiaremos sucesivamente la cantidad de agua que contiene el suero y las sustancias orgánicas é inorgánicas disueltas.

Agua. — Constituye la base del suero, como de todos los compuestos orgánicos. La cantidad de agua es muy variable en el estado fisiológico, de un individuo á otro, según su edad, sexo, etc., y para un mismo sujeto, en las diversas horas del día. Como la densidad del líquido sanguíneo depende de su riqueza en agua, remito al lector en este punto á lo que expuse al tratar de la densidad de la sangre. El término medio normal de la cantidad de agua es el 90 por 100 del suero. Para dosificarla, se pesa el suero y se le coloca en una cuba de evaporación hasta que se seque. Después se pesa el residuo, y la diferencia da el valor del agua. Para activar la operación, puede evaporarse el suero al baño de maría ó en una estufa á 110°.

Substancias orgánicas. — Corresponden á los siguientes grupos: 1.º Albuminoides. 2.º Derivados de la desintegración de los cuerpos proteicos (materias extractivas de los autores). 3.º Hidrocarbonados. 4.º Grasas, jabones, lecitina y colesterina.

A. ALBUMINOIDES DEL SUERO. — En el suero existen tres albuminoides de constitución molecular complejísima, que en orden de importancia cuantitativa son: la sero-albúmina ó albúmina del suero, la sero-globulina y la caseoserina.

Todos los albuminoides del suero precipitan por el sulfato de amoniaco á saturación y por los sulfatos de magnesia y de sosa juntamente. Un sulfato doble de magnesia y sosa se forma en este caso, y á él se debe la precipitación (Halliburton).

La proporción media normal de los albuminoides en el suero procedente de un hombre adulto, según Hammarsten, es de 7,62 por 100.

a. SERO-GLOBULINA. — La antepongo á la sero-albúmina, porque en los análisis conviene dosificarla antes que la última.

La sero-globulina se aísla saturando el suero con el sulfato de amoniaco en polvo, que precipita todos los albuminoides; luego se redisuelve el precipitado en agua fría y se filtra. Después se trata el soluto por el sulfato de magnesia en exceso, y el nuevo precipitado que se forma es la sero-globulina. Hammarsten ha calculado la sero-globulina para el hombre en 3,103 por 100 con relación al suero.

b. SERO-ALBÚMINA. — La albúmina del suero es análoga á la del huevo, de la cual se distingue por su mayor difusibilidad y poder levo-rotatorio, no precipitar por el éter y redisolverse en un exceso de alcohol concentrado, luego que se la precipita por el mismo reactivo.

Halliburton distingue tres sero-albúminas: la α , coagulable á 73°; β , á 76°, y γ , entre 82° y 85°.

C. CASEOSERINA. — Es análoga á la caseína de la leche, y se distingue de la albúmina por el poco ó ningún azufre que entra en su composición. La caseína es soluble en los álcalis y ácidos débiles, y se precipita por neutralización de sus soluciones, comportándose como la alcali-albúmina. Se encuentra en pequeñas cantidades en el suero, y parece un producto pendiente de ulterior elaboración.

Para aislar la caseoserina se diluye el suero en seis veces su volumen de agua, y se le somete á una corriente de ácido carbónico para precipitar

la globulina. Se filtra después, y se añade gota á gota el ácido acético diluido, hasta neutralizar la alcalinidad del suero. La caseoserina entonces se precipita en copos.

Análisis para aislar los diferentes albuminoides del plasma.— He aquí, ligeramente modificado, uno de los procedimientos de análisis que aconseja Halliburton ¹:

Primer tiempo.— Satúrese el plasma con el sulfato de amoníaco y fíltrese: todos los albuminoides quedan en el filtro, y siguen disueltos los demás componentes del plasma.

Segundo tiempo.— Lávese el precipitado en una solución saturada de sulfato de amoníaco, y disuélvase en el agua destilada. Después satúrese con el sulfato de magnesia y se producirá un precipitado de globulina. Fíltrese: en el filtro queda la globulina, y los demás albuminoides pasan disueltos.

Tercer tiempo.— Calientese el líquido filtrado, y á los 73°, 76° y 85° se precipitarán respectivamente las tres sero-albúminas, las cuales se las separa por filtración.

Ya queda dicho el procedimiento particular para aislar la serocaseína.

B. DERIVADOS PROTEICOS.— Comprendo en este grupo una porción de substancias que contienen nitrógeno y que son productos del metabolismo de los albuminoides. Dichas substancias, llamadas extractivas por los autores, se encuentran en pequeñas cantidades en el suero; pero como son excrementicias y no faltan nunca, deben tener y tienen alta importancia en la nutrición: se producen constantemente y sin parar se excretan, de donde se deduce que su cantidad es considerable para un periodo de tiempo dado. Las principales materias á que pasaré revista sumaria son: la urea, el ácido úrico, la creatina, los pigmentos y los alcaloides.

2. UREA.— Prevost y Dumas, en 1821, establecieron de una

¹ Obra citada, pág. 250.

vez para siempre que la sangre contenía urea: en el estado normal, un litro de sangre contiene de 0^{gr},32 á 1^{gr},8.

El mejor método para dosificar la urea de la sangre es el de Haycraft¹. Al efecto se coloca la sangre que se va á analizar en un dialisador y se sumerge éste en un baño de alcohol: la urea pasa al alcohol, y éste á la sangre, determinando un coágulo de los albuminoides que contiene. Se añade agua á la sangre y se dialisa de nuevo en otro baño de alcohol. Luego se adiciona ácido oxálico al alcohol y se evapora hasta sequedad: el residuo se trata con petróleo, que disuelve las grasas y los pigmentos, pero no el oxalato de urea. Se disuelve el oxalato de urea en el agua, se neutraliza la disolución con el carbonato de barita y se evapora de nuevo. Este segundo residuo se trata con el alcohol hirviendo, y por ulterior evaporación de este soluto alcohólico queda la urea pura.

X
6. ÁCIDO ÚRICO. — Es otro derivado del metabolismo proteico, y también producto excrementicio. No hace mucho tiempo se afirmaba la relación de paternidad entre este cuerpo y la urea, fundada en las experiencias de laboratorio, que habían demostrado la descomposición del ácido úrico por hidratación y oxidación, en dos moléculas de urea y una de ácido mexosálico. Hoy ha perdido bastante terreno esta hipótesis.

γ. CREATINA. — Es un producto de la desasimilación de los tejidos, especialmente del muscular, y hasta ahora no se ha demostrado su producción en el metabolismo digestivo de las sustancias albuminoides.

Es la creatina una substancia cristaloide, soluble en el agua y de mediana difusibilidad; quizá por esta razón se transforma en creatinina para eliminarse. Su existencia en el suero es constante, mas en pequeñas dosis, porque, á medida que los músculos la vierten en el torrente circulatorio, se excreta por los riñones. Voit la ha dosificado en el perro, pero no conozco ninguna cifra para el suero normal del hombre.

¹ Comunicación privada al Dr. Gamgee y publicada en su *Physiology Chemistri*, pág. 192.

δ. ALCALOIDES DEL SUERO. — M. R. Wurtz, en el laboratorio de Gautier ¹, ha aislado en el suero unas bases alcaloideas ternarias que han sido denominadas por su descubridor *plasmaínas*. El procedimiento que se sigue para obtenerlas es muy complicado y ajeno al objeto de esta obra. En síntesis diré que consiste en combinarlas con el ácido oxálico, precipitarlas después con la cal y transformarlas últimamente en cloro-auratos ó cloro-platinatos. Las sales de estas bases, inyectadas en las ranas y á los conejillos de Indias, determinan una depresión de los ritmos cardíaco y respiratorio.

Los alcaloides del suero deben su origen á los desdoblamientos y desintegraciones que sufren los cuerpos proteicos por fermentaciones anaerobias, y son sustancias francamente excrementicias.

Existe en el suero de la sangre una substancia antiséptica, llamada *alexina*, la cual se opone á la acción de los microorganismos, ó sea á las infecciones ². La existencia de la alexina parece relacionada con la integridad de los glóbulos, pues cuando éstos degeneran, aquella substancia disminuye ó desaparece de la sangre.

21 ε. PIGMENTOS. — En el suero existen dos clases de materias colorantes: unas procedentes de la bilis, y en particular de la transformación de la urobilina; y otras propias del suero, que han recibido el nombre de *lipocromos* ó *seroluteínas*. Estas últimas substancias, perfectamente estudiadas por Halliburton, son de color amarillo en el hombre y dan dos bandas de absorción en el espectro: una que coincide con la *F*, de Fraunhofer, y la otra entre *F* y *G*, más cerca de esta última letra que de la primera.

¹ Gautier, obra citada.

² La alexina no sólo ataca á las bacterias, sino también á los leucocitos y hematies extraños á la sangre. La alexina pierde su actividad á los 55°. (*Tratado de Terapéutica* de Peuzoldt y Stintzing, editado por Ulecia, Madrid, 1896, t. 1, pág. 161.)

C. HIDROCARBONADOS DEL SUERO. — De ordinario no se encuentra en el suero más que un representante de este grupo, la glucosa.

La glucosa existe normalmente en la sangre, si bien su cantidad varía de un momento á otro para cada parte del círculo, según la alimentación y otras circunstancias. La glucosa de la sangre tiene un doble origen: se ingresa con los alimentos y se fabrica en el organismo.

Supuesto el doble origen de la glucosa en el organismo, su cantidad debe ser distinta para la sangre de la vena porta en plena digestión, que para el resto de la venosa, y que la sangre arterial debe ser más rica que la venosa general. Además, la cifra de glucosa variará en cada caso, según los ingresos, la fabricación y el consumo. El cuadro siguiente, que copio de Beaunis y que éste tomó á Seegen, comprueba la verdad de las anteriores conclusiones. Las experiencias fueron hechas en el perro.

DIETAS	Vena porta por 100.	Vena hepática por 100.	Arteria carótida por 100.	Término medio de experiencias.
Inanición.	0,147	0,260	0,157	8 experiencias.
Almidón.	0,144	0,261	0,150	9 id.
Azúcar de caña.	0,186	0,265	0,165	6 id.
Dextrina.	0,256	0,320	0,176	4 id.
Carne.	0,141	0,281	0,155	8 id.
Grasas.	0,114	0,217	1,127	8 id.

La cifra media de glucosa en la sangre humana en el estado normal oscila entre 0gr,05 á 0gr,1 por 100. Cuando la proporción rebasa el límite de 0gr,4 por 100, la glucosa aparece en la orina: este hecho comprueba el papel de los riñones (véase secreción urinaria), y explica las glucosurias accidentales y fisiológicas que se observan en algunos individuos por excesos en el régimen alimenticio.

Para dosificar la glucosa basta tomar un volumen determinado de sangre (de 15 ó 20 c. c.) diluirla en dos veces su volumen de agua y añadir á la mezcla unas gotas de ácido acético. Luego se hierve por espacio de cinco minutos y se filtra. El residuo que queda en el filtro se lava en agua destilada, y el agua del lavado se añade al líquido que antes filtró. Se mide el total de líquido, se coloca en una bureta y se dosifica la glucosa por el licor de Fehling. Este procedimiento, que es de Mering, lo uso ahora en el laboratorio, por ser más expedito que el de Cl. Bernard.

D. GRASAS, COLESTERINA Y LECITINA.— Las grasas que se encuentran en la sangre son formadas por los ácidos esteárico, oleico y palmítico. Las grasas de la sangre reconocen por origen los ingresos de la absorción y el metabolismo de los tejidos. Desde luego la grasa puede constituirse en el tubo digestivo por desdoblamiento de los albuminoides y por fermentación de la glucosa (ácidos acético, láctico y butírico), y es probable que los tejidos la produzcan también á expensas de su protoplasma. De cualquier manera, la grasa, por su poca solubilidad y ser materia fácilmente oxidable, no se encuentra sino transitoriamente y en pequeña cantidad en la sangre. La cantidad de grasa en el suero aumenta después de la digestión, sobre todo si los alimentos la contienen en grandes proporciones.

Tan constantes ó más que las grasas son los jabones de sosa y de potasa en el suero.

Asimismo se encuentra en el suero la lecitina, producto complejo de desasimilación, que se constituye por síntesis de la colina con el ácido fosioglicérico. La lecitina es un producto de la desasimilación de los protoplasmas, especialmente de las células nerviosas y glóbulos de la sangre. La colessterina es un alcohol que procede también del metabolismo de los tejidos, y se considera como principio excrementicio. Su suerte está ligada á la evolución de las grasas, cuyas oscilaciones sigue en la sangre.

Todas las sustancias de este grupo se dosifican en conjunto, tratando el suero por el alcohol hirviendo, filtrando después el extracto alcohólico, evaporando hasta sequedad el líquido filtrado y redisolviendo en el éter el residuo. Las grasas, la lecitina y la colessterina, se disuelven en el éter y quedan aisladas cuando se evapora este líquido. El residuo soluble en el

éter se calcula en 0gr.,4 por 100 y se eleva á 0gr.,6 por 100 después de la digestión de una comida ^{suculenta}. (1)

Sales. — El suero se caracteriza por su riqueza en sales de sosa (cloruro y fosfato); siguenlas en importancia las de cal y magnesia, y en último término las de potasa, de las cuales apenas hay vestigios.

Las sustancias minerales juegan un gran papel en la organización; y como por lo general son cristaloides solubles y difusibles, gozan de ubicuidad en todos los tejidos y humores. En efecto, de todos los componentes de la sangre, las sales son los más constantes en calidad y cantidad, y sólo de un modo pasajero encontramos diferencias en los análisis.

Las sales aumentan transitoriamente con una alimentación rica en carnes y en condimentos salinos, y disminuyen con la dieta vegetal, pero no desaparecen ni aun en la inanición.

Es notable la especialidad del plasma en sales de sosa, cuando los glóbulos abundan en potasa; esto prueba que los protoplasmas vivos conservan con su individualidad la iniciativa, y la apetencia en el cambio atómico.

La cantidad total de principios inorgánicos se obtiene por incineración de un extracto de sangre; tratando después el residuo por el agua, se separan las sales solubles de las insolubles. En conjunto, se calculan los componentes minerales del suero en 0gr.,85 por 100, cuya cifra se descompone en las siguientes partidas, que copio de los análisis de Hoppe-Seyler:

Cloruro de sodio.....	0gr.,49 por 100
Sulfato de sosa.....	044 »
Carbonato de sosa.....	021 »
Fosfato de sosa.....	015 »
Fosfato de cal y de magnesia.....	073 »

(1) Y tambien existen en ~~las~~ el suero tres fermentos

1º fermento amilolitico

2º glicolico (diminuye la glucosa present si analiza-
da la glucosa de la sangre despues de 8 horas repe-
timos el analisis la cantidad de glucosa es menor.

3º Estereolitico (que obra sobre las grasas) N. de C. P.

Leccción XXVIII.

Sangre (Continuación).

Sumario: Glóbulos de la sangre: proporción. — Numeración de los glóbulos rojos. — Inspección de los glóbulos rojos. — Forma. — Volumen y dimensiones. — Densidad y peso. — Consistencia y elasticidad. — Color. — Reacción. — Estructura. — Composición química. — Análisis del estroma. — Hemoglobina. — Preparación de los cristales de hemoglobina. — Combinaciones de la hemoglobina. — Hemoglobina reducida. — Espectros de la hemoglobina y de sus principales combinaciones. — Derivados de la hemoglobina. — Hematina. — Hemina. — Preparación de los cristales de hemina. — Hematoidina.

22 **Glóbulos de la sangre.** — Se describen tres clases: los rojos ó eritrocitos, los blancos ó leucocitos y las plaquetas de la sangre¹.

No es posible obtener con exactitud la cifra absoluta de glóbulos que posee un individuo, no sólo porque su número es inconstante, sino por carecer de procedimiento para lograrlo. En estos cálculos hemos de contentarnos con la aproximación que dan de sí los métodos indirectos; pero satisfacen las exigencias de la experimentación fisiológica, y á las investigaciones clínicas, por cuanto dan diferencias, que es lo que se busca.

El número de glóbulos rojos se calcula en relación al volumen de plasma que los diluye; por tanto, sin aumento real en su cifra, puede ser mayor ó menor su proporción, siempre que disminuya ó aumente la cantidad de plasma. La cifra de glóbulos blancos se obtiene en relación al número de hematies; de donde todo crecimiento de los leucocitos significa, ó un aumento absoluto de ellos, ó una disminución de hematies.

1 Eritrocitos, de *Ερυθρος*, rojo, y *Χυστις* vejiga.
Hematies, de *Αίμα*, sangre.
Leucocitos, de *Λευκος*, blanco, y *χυστις*, vejiga.

Para separar los glóbulos del plasma hay dos procedimientos, que por lo sencillos están al alcance de los más modestos laboratorios: consiste el uno en filtrar la sangre inmediatamente que sale de los vasos, á través de un filtro mojado en una solución de azúcar de caña; los glóbulos quedan en el filtro y el plasma pasa mezclado con el agua azucarada. La sangre de rana es muy aparente para este procedimiento. El otro es aún más simple: se reduce á recibir la sangre que fluye del vaso en una probeta rodeada de una mezcla frigorífica. El frío retarda la coagulación y da lugar á que los componentes de la sangre se separen en tres capas por el orden de sus densidades: primero los hematies más pesados, después los leucocitos, y por último el plasma incoloro, que nada encima. La probeta debe ser alta, de poco diámetro y graduada en centímetros cúbicos; basta leer el volumen ocupado por los glóbulos y el plasma para obtener la proporción. Este procedimiento lo ha aprovechado Weleker para calcular los glóbulos blancos en relación á los rojos, sin otra modificación que usar sangre desfibrinada en vez de pura.

Otro procedimiento bastante expedito debemos á Bouchard, que entre otras tiene la ventaja de servir para las investigaciones clínicas ¹. Se funda este procedimiento en las singulares condiciones que para la conservación é integridad de los glóbulos posee una solución de azúcar de caña de densidad igual á 1'026. He aquí el modo de proceder: se reciben en dos cápsulas previamente taradas dos cantidades iguales de sangre (de 10 á 15 gramos). Una de las cápsulas, que llamaremos *B*, contiene 10 gramos de la solución azucarada; la otra, *A*, está vacía. Se deposita la sangre durante doce ó veinticuatro horas, hasta que el coágulo abandone el suero, y de éste se toma con una pipeta cuatro gramos de cada cápsula. Se diluye el suero en agua débilmente acidulada, se calienta á 100° y se obtienen dos coágulos de albúmina, los cuales se secan y pesan. Con estos datos se verifica el siguiente cálculo: sea *a* el peso de la albúmina que corresponde á un gramo de suero de la cápsula *A* (la que no contiene azúcar), *b* el mismo peso respecto al suero de la cápsula *B*, *n* la cantidad de solución azucarada que se añadió, y *x* el peso del suero que se desea. Resultará:

$$ax = b(x + n); \text{ de donde, } x = \frac{bn}{a-b}$$

Se obtiene así la cantidad *x* de suero contenida en 10 ó 15 gramos de sangre; añadiéndole ahora el peso de la fibrina húmeda, resulta el del plasma, y, por diferencia con la sangre, el valor de los glóbulos.

1 Citado por Gautier, *Chimie biologique*.

$$ax = b(x+n) = bx + bn; \quad ax - bx = bn; \quad x(a-b) = bn; \quad x = \frac{bn}{a-b}$$

DR. PEREZ ARAPILES

67 Lancia núm. 12-3.º

Telefono 20 55 19

La proporción de los glóbulos y plasma es muy variable, según la edad, el sexo, la alimentación y otras porción de circunstancias. Además varia en las diferentes secciones del círculo, debido á las influencias combinadas del calibre del vaso, viscosidad, peso específico, movimiento y número de glóbulos. Término medio aproximado para un hombre adulto, en 1.000 partes de sangre, 534 de plasma y 466 de glóbulos húmedos. En el feto la relación cambia en favor de los glóbulos, que constituyen el 722 por 1.000 de la sangre. En la mujer el número de glóbulos es menor que en el hombre, y á igualdad de sexo, menor en los viejos.

Numeración de los glóbulos rojos. — Para contar los hematies contenidos en un pequeño volumen de sangre, es preciso diluirla previamente en un líquido que impida la destrucción de los glóbulos. Basta para el caso la solución de azúcar, ó una de cloruro de sodio ó de sulfato de sosa de 3 á 6 por 100.

El procedimiento es sumamente sencillo: consiste en mezclar la sangre y el líquido de dilución en proporciones de 1 á 2 por 100. Á este efecto, con una pipeta capilar — graduada de 1 á 5 milímetros cúbicos — se toma por aspiración una pequeña cantidad de sangre, y con otra de mayor calibre se expira la conveniente de disolución: ambos líquidos se vierten en una pequeña probeta y allí se mezclan exactamente por agitación. Luego se toma una gota de la mezcla y se la deposita en una cavidad que contiene el porta-objetos del hematímetro, la cual está formada por la adaptación á la lámina de cristal del porta, de otra que tiene $\frac{1}{8}$ de milímetro de espesor y que está perforada en el centro. El ocular del microscopio contiene un micrómetro, que consiste en una cuadrícula con $\frac{1}{8}$ de milímetro de lado, la misma dimensión de la altura de la cavidad, en donde se aloja la mezcla. Las divisiones de la cuadrícula del ocular, vistas por proyección, figuran un cubo, que tiene de lado $\frac{1}{8}$ de milímetro. No resta más que contar el número de glóbulos que se encuentran en uno de estos cubos, multiplicarlo por el título de la mezcla y por 125, para obtener la cifra correspondiente á un milímetro cúbico de sangre.

El porta-objetos con la cavidad, los cubre-objetos, las dos pipetas, la

probeta y el agitador van en un estuche que recibe el nombre de hematímetro de Hayem y Nacet.

El número de glóbulos rojos se calcula para el hombre adulto y sano en cinco millones por milímetro cúbico, lo que daría un total de 25 billones para la sangre. En la mujer la cifra es algo menor: cuatro millones por milímetro cúbico.

Los glóbulos rojos disminuyen con la edad y en las mujeres embarazadas.

Inspección de los glóbulos rojos. — Para estudiar los caracteres de los glóbulos rojos al microscopio, conviene mezclar la sangre con un líquido conservador que no los deforme y, por el contrario, los mantenga en la mayor integridad. Para las observaciones del momento basta mezclar una gota de sangre, que se obtiene de un pinchazo en la yema del dedo, con la punta de un alfiler, á otra de disolución de cloruro de sodio, de sulfato de sosa ó de azúcar. Pero cuando se quieren prolongar las investigaciones, es preciso usar líquidos conservadores antisépticos. He aquí la fórmula del de Hayem: bicloruro de mercurio, 0,50 gramos; sulfato de sosa, 5; cloruro de sodio, 1; agua destilada, 200.

Forma. — Los hematies del hombre tienen la forma de discos excavados por las dos caras y con bordes redondeados. Cuando se examina al microscopio una gota de sangre pura, los hematies aparecen apilados, como carros de monedas; esta singular agrupación se debe: según unos, á que se atraen entre sí por sus caras cóncavas, á manera de ventosas; para otros, se debe á la viscosidad de la sangre, que los aglutina.

Los glóbulos rojos se deforman rápidamente en cuanto salen de los vasos; lo más frecuente es que tomen un aspecto granuloso ó muriforme; luego emiten prolongaciones como los erizos, y, por último, adoptan la forma dentada. El agua los hincha, y todos los agentes físicos (calor y electricidad) y químicos alteran su forma.

Volumen y dimensiones. — Welcker ha calculado el volumen de un hematíe en 0mm.^3 , 00000007, y la superficie total de los glóbulos en 2,816 metros cuadrados, ó sea un cuadro que tenga 80 metros de lado. Esta inmensa superficie es la encargada de fijar y conducir el oxígeno á la sangre, y para mayor intensidad de los cambios, se mueve con una velocidad bastante á recorrer el círculo tres veces por minuto.

Los hematíes tienen de 6 á 8 micromilímetros de diámetro, y de espesor 1,9 micromilímetros ¹.

Las dimensiones de los eritrocitos crecen cuando aumenta en la sangre la proporción de oxígeno y de agua, y con la baja temperatura. Se contraen cuando domina el calor, el ácido carbónico y la concentración de la sangre.

Densidad y peso. — Los hematíes son los elementos de mayor peso específico de la sangre: su densidad vale 1,105. Su peso se calcula en 0mm.^3 , 00008.

Consistencia y elasticidad. — Los glóbulos rojos son extremadamente blandos y se prestan á toda suerte de deformaciones. Por esto se les encuentra muchas veces doblados en el espolón de bifurcación de un vaso, ó alargados en los capilares más estrechos. Son muy elásticos, é inmediatamente que cesa la violencia recobran su forma primitiva.

Color. — Vistos por transparencia tienen color amarillo de matiz ligeramente verdoso. Á la luz refleja, y vistos en masa, se ofrecen rojos. Á ellos debe la sangre su color, que varía de tono según las combinaciones del O y de otros gases con la hemoglobina, substancia colorante de los glóbulos. Además, influye en el color la forma de los glóbulos, porque viéndoseles á la luz que ellos reflejan, la cantidad y dirección de ésta variará en cada caso; así, por ejemplo, la sangre oxigenada tiene un tono más

¹ El micromilímetro vale una milésima de milímetro.

vivo, porque los glóbulos, aumentados de volumen, reflejan como espejos cóncavos; y, por el contrario, la sangre carbónica ofrece un tono sombrío, por la contracción de los hematies.

Reacción.—La hemoglobina parece funcionar como un ácido débil, y presta á los eritrocitos la facultad de enrojecer ligeramente el papel azul de tornasol. Quizá esta reacción sea un fenómeno cadavérico.

Estructura.—Los hematies son células caducas que han perdido núcleo y protoplasma, y en cambio se encuentran mineralizadas por un cuerpo complejo, la hemoglobina, á la que deben sus aptitudes fisiológicas.

Composición química.—Para hacer el análisis con método y fruto, conviene separar el estroma de la hemoglobina y estudiar ambas sustancias por separado. Esta separación es fácil, porque desde que pierden los glóbulos su vitalidad, la hemoglobina disfiende y se disuelve en el plasma, quedando aislado el estroma. En tal estado, la sangre recibe el nombre de *transparente*.

Para obtener el estroma basta acelerar la disolución de los hematies por cualquiera de los agentes físicos y químicos que los destruyen; pero ordinariamente se sigue uno de estos dos procedimientos: El de Rollet, que consiste en recibir la sangre desfibrinada en un vaso rodeado de la mezcla frígórica y calentarlo después á 20°. El otro procedimiento se reduce á mezclar la sangre desfibrinada con diez veces su volumen de una disolución débil de cloruro de sodio.

Los estromas de los glóbulos se depositan en el fondo del vaso, figurando una masa gris blanquecina.

Análisis del estroma.—La base del estroma la constituye una substancia protoplasmática, la globulina, que ya conocemos, como análoga á la plasmina de Denis, al fibrinógeno y á la fibrinoplastina. Recordaré que este albuminoide, como todas las glo-

bulinas, es imperfectamente soluble en la solución de cloruro de sodio al 10 por 100, y que el soluto es viscoso. Encuéntrase, además, en el estroma la núcleo-albúmina, llamada substancia hialina por Rovida, la lecitina, la coleslerina, un fermento amilolítico, el agua y las sales.

El agua forma el 60 por 100 del peso de los glóbulos húmedos.

Los principios minerales contenidos en los hematies se analizan previa calcinación y tratamiento de las cenizas. He aquí la composición de las cenizas procedentes de cien partes de glóbulos húmedos, según Strecker:

Cloruro de potasio.....	3,75
» » sodio.....	vestigios.
Sulfato de potasa.....	0,143
Fosfato de potasa.....	2,67
» » sosa.....	0,114
Fosfato de cal.....	} 0,073
» » magnesia.....	
Sosa en exceso.....	0,145
Potasa en exceso.....	0,66
TOTAL.....	<u>6,555</u>

Hemoglobina. — Es la materia colorante de los glóbulos rojos y la que caracteriza sus funciones.

La hemoglobina es uno de los cuerpos más complejos y más inestables del mundo orgánico: lo hace suponer su enorme peso molecular, 11,881, casi el doble del de la albúmina, y lo acredita la experiencia *à posteriori*. Su agrupación atómica no la conocemos, y en la misma ignorancia estamos acerca de su estado natural en los glóbulos rojos. La única afirmación positiva que sobre este punto cabe es que la hemoglobina varía en cada especie zoológica, y que la obtenida por cristalización difiere de la natural, por su poder endosmótico, su descomposición en el agua oxigenada y otras propiedades. Su cadáver, que es lo que nosotros manejamos en el laboratorio, revela que en su constitución entran: un albuminoide (globulina), una substancia colorante ferruginosa (la hematina) y los ácidos grasos. Tales son, al menos, los productos de su descomposición.

Caracteres de la hemoglobina. — No he de pasar revista á todos; me limitaré á los más interesantes para las investigaciones fisiológicas y médico-legales, á saber: su cristalización, solubilidad, combinaciones con los gases y espectro de sus disoluciones.

La hemoglobina de la sangre humana cristaliza difícilmente, y lo verifica en prismas rectos y rectángulos, todos ellos pertenecientes al sistema rómbico. Los cristales son policroicos y birrefringentes: vistos por transparencia, tienen color rojo oscuro; y por reflexión, rojo bermejo. Son solubles en el agua, y aun más en las soluciones débilmente alcalinas; sus disoluciones son di-croicas, verdes por transmisión y rojas por reflexión. Los cristales son solubles en el alcohol, éter y cloroformo. Sus soluciones acuosas tienen un color rojo de sangre.

En el laboratorio preparamos la hemoglobina cristalizada por uno de estos dos procedimientos: 1.º Se mezcla la sangre desfibrinada con una cuarta parte de su volumen de alcohol; se calienta dulcemente hasta los 40º, y después se coloca la mezcla en un tubo de ensayo rodeado de hielo machacado y sal. Á las veinticuatro horas se ofrece una magma de cristales; si se les quiere purificar, se les disuelve en agua alcoholizada y se vuelve á helar la mezcla.

El segundo procedimiento es aún más sencillo: se mezcla en un tubo de ensayo 6 c. c. de sangre y 1 c. c. de éter, y se pone á helar la mezcla. En un término variable, de ordinario veinticuatro horas, aparece la hemoglobina cristalizada.

No todas las sangres valen igualmente para preparar cristales de hemoglobina, sino que las hay en que esta substancia cristaliza fácilmente, y otras en las que la cristalización es muy difícil. He aquí la clasificación de las sangres, que inserta Halliburton¹, relativa á la cristalización de la hemoglobina:

Muy difícil de cristalizar: la de ternera, cerdo, paloma y rana.

Difícil: la de hombre, mono, conejo y carnero.

Fácil: la de gato, perro, ratón y caballo.

Muy fácil: la de rata y gallina de Guinea.

1 Obra citada, pág. 269.

Esta diferencia puede aprovecharse en las investigaciones médico-legales para distinguir la sangre humana de la de los animales, y además debe tenerse presente que la hemoglobina varía en las diferentes especies: 1.º, por la forma de los cristales; 2.º, por el agua de cristalización; y 3.º, por la composición centesimal.

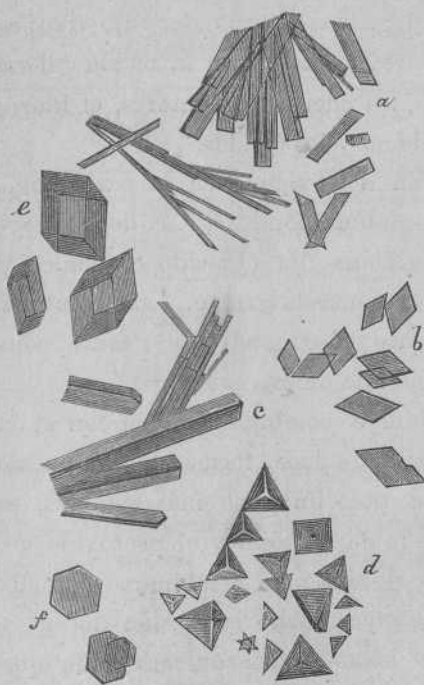


Figura 23.

Cristales de hemoglobina según Frey ¹.

Combinaciones de la hemoglobina.—La hemoglobina forma con el O. dos combinaciones: una inestable, la *oxihemoglobina*, y otra más estable, la *metahemoglobina*. La primera es la que se encuentra ordinariamente en la sangre; la segunda sólo se halla en estado patológico y después de la administración á

¹ *a* y *b*, cristales de la sangre venosa del hombre; *c*, cristales de la sangre del gato; *d*, del conejillo de Indias; *e*, del castor; *f*, de la ardilla. (S. R. y Cajal, *Elementos de Histología*, pág. 132.)

altas dosis del clorato de potasa. La metahemoglobina se produce artificialmente, cuando se trata la sangre con los agentes oxidantes (permanganato de potasa, ozono, nitrito de amilo, etc.) y sus soluciones tienen un color rojo oscuro. Cristaliza en prismas alargados.

La oxihemoglobina tiene un color rojo vivo; es un compuesto débil y fácilmente dissociable por la acción del vacío, por los gases indiferentes, los cuerpos reductores, el hidrógeno sulfurado, el óxido de carbono y los tejidos.

La proporción del oxígeno en la oxihemoglobina es de un gramo de hemoglobina por 1,27, c. c. de O (Preyer.)

La oxihemoglobina fija el ácido carbónico y absorbe como máximo 3,5 c. c. por cada gramo. Esta combinación se verifica con extrañamiento de oxígeno, y, por tanto, constituye una verdadera sustitución de un gas por otro.

La hemoglobina se combina también con el óxido de carbono y con el protóxido de ázoe, formando compuestos análogos á la oxihemoglobina, pero un poco más estables, especialmente el primero. El óxido de carbono y el protóxido de ázoe desalojan al O de la hemoglobina para combinarse con ella; pero en estas sustituciones influye mucho la presión del gas; y así, aunque más estable la hemoglobina oxicarbonada que la oxigenada, el O desaloja al CO cuando se respira puro ó á mayor presión¹. Gracias á esta circunstancia, se obtiene éxito haciendo respirar O á los individuos intoxicados con CO.

Hemoglobina reducida. — Cuando la oxihemoglobina pierde su oxígeno por la acción de cualquiera de los agentes antes mencionados, se transforma en otro cuerpo que recibe

¹ Haldane, de Oxford, ha demostrado experimentalmente que mientras una proporción de 5 por 100 de óxido de carbono en el aire ordinario es fatal al hombre y los animales, resulta inofensiva si la presión del O se eleva á dos atmósferas.—Citado por Mercier, «Croonian lecture,» *British, Med. J.*, Junio de 1895.

los nombres de hemoglobina reducida y púrpura de cruorina (Stokes).

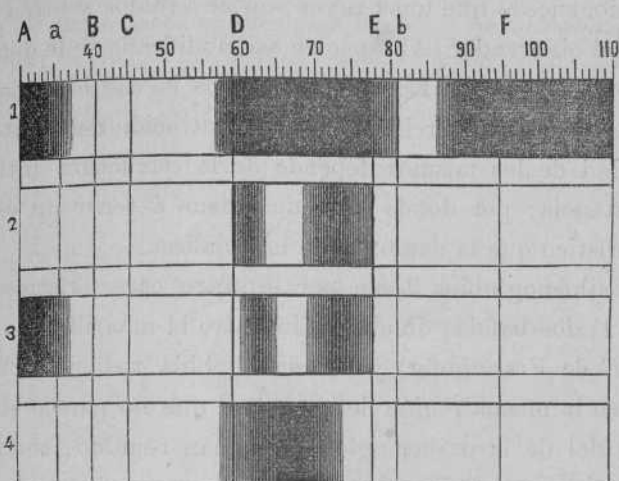


Figura 24.

Espectros de la hemoglobina y de sus principales combinaciones ¹.

Esta substancia es la que comunica á la sangre venosa su color obscuro de matiz púrpura. Sus cristales son verdes por transparencia y rojo violeta por reflexión, y no pueden examinarse sino en el alcohol, porque inmediatamente que adquieren contacto con el oxígeno del aire se oxidan y transforman en oxihemoglobina. La hemoglobina reducida entra en combinación con el óxido de carbono, con el protóxido de ázoe y con el ácido cianhídrico. Todas estas combinaciones son débiles, aunque no tanto como la del oxígeno; sin embargo, el vacío las deshace sin excepción.

Espectro de la hemoglobina y de sus principales combinaciones. — De todos los caracteres de la hemoglobina y sus combinaciones, es principal, sin duda alguna, el que suministra el análisis al espectro. Al efecto se hace una disolución de hemoglobina ó de cualquiera de sus combinaciones, y se coloca

¹ 1, espectro de la hemoglobina oxigenada al 0,8 por 100; 2, ídem de la hemoglobina oxigenada al 0,18 por 100 (este espectro se da por característico); 3, ídem de la hemoglobina oxicarbonada; 4, ídem de la hemoglobina reducida.

en un vaso de cristal con caras paralelas. Si á través de esta solución se hace penetrar la luz que se va á analizar en el espectroscopio, sucede que unos rayos son absorbidos y otros llegan al ojo del observador. Al espectro así modificado se le denomina *espectro de absorción*. En todos los casos la cantidad de rayos absorbidos será proporcional á la concentración del soluto, pero la calidad de los mismos depende de la estructura íntima de la substancia; por donde cada una viene á tener un espectro característico que la denuncia en los análisis.

La oxihemoglobina tiene por espectro característico (figura 24, 2) dos bandas de absorción entre el amarillo y el verde (*D* y *E* de Fraunhofer) y la hemoglobina reducida una sola banda en la misma región del espectro, que no parece sino que las dos del de la oxihemoglobina se han reunido, corriéndose un poco hacia el lado rojo. Esta banda única lleva el nombre de Stokes (figura 24, 4).

La hemoglobina constituye el 90 por 100 del peso de los glóbulos secos, y por esta razón, y por ser la substancia á quien los hematies deben sus funciones, se ha dosificado por los fisiólogos y químicos, entendiéndose que su cifra vale tanto como la de los glóbulos mismos, ó, en otros términos: «dime cuánta hemoglobina tienes, y te diré cuántos glóbulos rojos posees.»

Derivados de la hemoglobina.—*A. HEMATINA.*—Entre los productos de desintegración de la hemoglobina, el más interesante es la hematina ó *pigmentum* de la sangre. Es un cuerpo quinario (C. H. N. Fe. O.), insoluble en el agua, alcohol, éter y cloroformo, pero soluble en los ácidos y en los álcalis, con los cuales se combina. Pura, se ofrece amorfa, como polvo de color azul negruzco con reflejos metálicos. Sus soluciones en los álcalis son dicroicas y ofrecen un espectro característico.

Para obtener la hematina se trata la sangre con el sulfato de sosa cristalizado, y luego se la calienta hasta que se coagule. Se filtra la masa á

través de un lienzo, y se exprime luego de triturlarla con el alcohol oxálico. La hematina se disuelve en el alcohol ácido y se la precipita con el gas amoniaco.

Si la obtención tiene lugar al abrigo del aire ó en presencia de cuerpos reductores, se produce la hematina reducida ó *hemocromógeno*. Las soluciones de este último cuerpo tienen color rojo púrpura y un espectro distinto al de la hematina.

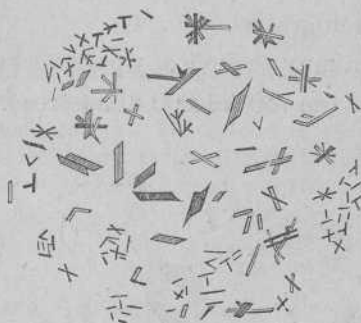


Figura 25.

Cristales de hemina según Preyer.

B. HEMINA. — Tratando la hematina con el ácido hidrocórico ó con el cloruro de sodio y el ácido acético cristalizado, se constituye un nuevo cuerpo: el clorhidrato de hematina ó hemina. Este compuesto es notable por su cristalización, siempre igual, cualquiera que sea la sangre de donde proceda, y por ello se acude á los cristales de hemina siempre que se quiere decidir si una mancha roja es de sangre ó de otra cualquier materia colorante. He aquí cómo procedo yo para la producción y examen de los cristales de hemina: tomo un porta-objetos, vierto sobre él una gota de solución de cloruro de sodio, y lo caliento á la lámpara hasta que se seque y aparezca sólo una mancha blanca; tomo en seguida el pedacito de trapo donde se encuentra la man-

cha roja que se supone sea de sangre ¹, lo coloco en el porta sobre el cloruro de sodio, pongo el cubre-objetos y deposito después por un lado, para que se infiltre en la preparación, una gota de ácido acético cristalizado. Si la mancha es de sangre, inmediatamente se ve al microscopio una abundante cristalización de hematina. Los cristales pertenecen al sistema clino-rómbico, y aparecen cruzados en aspa, en ángulos ó en grupos con tendencia al cruce; son de color rojo obscuro, muy parecido al que ostentan los fondos de las fotografías.

Los cristales son muy pequeños, y para verlos bien se necesita un fuerte aumento (de 750 á 1.000 diámetros).

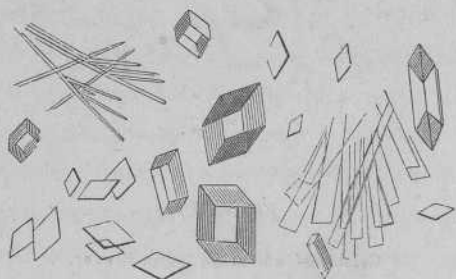


Figura 26.

Agujas y cristales de hematoidina, según García Solá.

C. HEMATOIDINA. — Es una substancia derivada de la hematina, que se ofrece espontáneamente en los focos hemorrágicos antiguos y se caracteriza por sus bellos cristales de color rojo naranja, en forma de prismas oblicuos de base romboidal. La hematoidina no contiene hierro y es idéntica, por su constitución química, á la bilirubina.

¹ Si la mancha estuviese en un papel ó en una mesa, se raspa cuidadosamente y las raspaduras se colocan sobre el cloruro de sodio, entre el porta y el cubre.

Lección XXIX.

Sangre (Continuación.)

Sumario: Caracteres de los leucocitos. — Número de ellos en la sangre. — Composición. — Gases de la sangre: su proporción. — Funciones de los leucocitos: metabolismo, fagocitosis, reproducción y movimientos. — Funciones de los glóbulos rojos. — Historia de los leucocitos. — Origen de los hematíes. — Órganos hematopoiéticos. — Fin y acabamiento de los glóbulos rojos.

Caracteres de los leucocitos. — Lejos de ser especiales para la sangre, los leucocitos se encuentran por doquier en la economía; y es que gozan de movimiento propio para trasladarse de la sangre á los tejidos, de éstos á la linfa, y con la linfa tornan á la sangre. El único obstáculo que pudiera surgir en estos viajes es la estrechez de los orificios de las paredes vasculares (estómatas); pero lo salvan, gracias á reducirse á la forma que les conviene.

Los leucocitos son células en buena edad, redondeadas ó esféricas, incoloras, sin membrana de cubierta y provistas de varios núcleos. El protoplasma es granuloso y no deja percibir los núcleos; pero se obvia este inconveniente con el ácido acético, que lo hincha y lo vuelve transparente: entonces se perciben con toda claridad los núcleos y pueden hacerse visibles los nucleolos con el carmín.

La densidad de los leucocitos es mayor que la del plasma, pero menor que la de los hematíes. Su número es excesivamente variable, pues no sólo se están fabricando y transformando continuamente, si que también, como

tienen movimientos propios y son muy viscosos, se agrupan en unas partes y emigran en otras. Además, se destruyen en cuanto salen de los vasos, y por esta razón su cifra se ha calculado por bajo de la realidad.

El siguiente cuadro, que tomo á Landois ¹, da una idea de las proporciones diversas de los leucocitos en la sangre, y de las condiciones que influyen en su número.

Número de leucocitos comparados con el de glóbulos rojos.		
Estado normal.	En los diferentes vasos.	En los estados patológicos.
1 : 335, Weleker. 1 : 357, Moleschott.	Vena esplénica.... 1 : 60 Arteria esplénica.. 1 : 2260 Vena hepática..... 1 : 170 Vena porta..... 1 : 740 Los leucocitos son en general más numerosos en las venas que en las arterias.	Su número aumenta por la digestión, la sangría, las supuraciones, la menstruación, el parto y por los tónicos (quinina y amargos.) Disminuyen por inanición y por la alimentación defectuosa.

Las investigaciones de Ehrlich y de sus discípulos ² permiten la clasificación de los leucocitos en cuatro grupos:

1.º *Linfocitos*, tan pequeños como poco numerosos. Poseen un núcleo esférico rico en cromatina y escasa cantidad de protoplasma. Según Ehrlich engéndranse estos corpúsculos en los ganglios linfáticos.

2.º *Leucocitos grandes*. Son también poco numerosos, contienen más protoplasma que los anteriores y un núcleo grueso de red cromática floja.

3.º *Leucocitos pequeños*, con núcleo ó núcleos alargados: son los más numerosos y los que poseen aptitudes fagocitóticas y movimientos amiboides más notables. El origen de estos leucocitos, según Ehrlich, debe encontrarse en el bazo y en la médula ósea.

4.º *Leucocitos con granulaciones*. Son polinucleares por lo general y tienen granuloso el protoplasma. Ehrlich distingue hasta siete subvariedades de este grupo, y Cajal dos. ~~granulocitos~~ *eosinófilos*
neutrófilos

1 Landois, obra citada, pág. 30.

2 Cajal, *Histología*, pág. 215.

Abarcando los cuatro grupos, su tamaño oscila de 4 á 13 micromilímetros.

Composición de los leucocitos. — El análisis denuncia en los leucocitos tres albuminoides: 1.º, la núcleo-albúmina, idéntica, según Halliburton, al fibrinógeno; 2.º, dos globulinas solubles en la solución de cloruro de sodio al 10 por 100 y precipitables por el sulfato de magnesia en polvo; 3.º, albúmina análoga á la del suero, en pequeña cantidad. Además se encuentran en los glóbulos blancos el glucógeno, la lecitina, grasas, colessterina y sales inorgánicas del cloro y el ácido fosfórico, á base de potasa, sosa, cal, magnesia y hierro.

Hematoblastos. — Con este nombre dió á conocer Hayem otros corpúsculos en la sangre, y los llamó así por creerlos antecesoros de los hematies. Para verlos, basta diluir la sangre en un líquido sódico-metílico antes de someterle al examen microscópico. Son mucho más pequeños que los hematies, — de tres á cinco micromilímetros, — discoides, ya planos, ya biconvexos, incoloros ó ligeramente coloreados por la hemoglobina en amarillo verdoso, carecen de núcleo y son muy alterables. Su número, mayor que el de los leucocitos, se ha calculado en 300.000 por milímetro cúbico de sangre; pero debe haber más, porque se destruyen rápidamente.

Bizzozero ha dado modernamente el nombre de *plaquetas* á los hematoblastos de Hayem.

Gases de la sangre. — En la sangre se encuentra normalmente nitrógeno, oxígeno y ácido carbónico. El primero simplemente disuelto en el plasma; el oxígeno disuelto en el plasma y combinado con la hemoglobina; el ácido carbónico disuelto en el plasma, combinado con las bases, constituyendo carbonatos, bicarbonatos y fosfo-carbonato de sosa, y combinado en los glóbulos rojos. Á excepción del ácido carbónico, que constituye el carbonato neutro, todos los gases abandonan la sangre en el vacío,

ó cuando se hace pasar una corriente de un gas sin acción química, como el hidrógeno.

Proporción de gases en la sangre.—Pflüger, sirviéndose de su bomba de mercurio, ha extraído de 100 volúmenes de sangre 60 volúmenes de gases, que se distribuyen para la sangre arterial y venosa en esta forma¹:

Sangre arterial. 20 á 24 vol. de O, 39 vol. de CO², 1,5 vol. de N.

Sangre venosa: 8 á 12 vol. de O, 46 vol. de CO², 1,5 vol. de N.

Estos gases han sido medidos á 0°, y bajo presión 0m,76 de mercurio,

Por lo que respecta al O, estas cifras son inferiores á la realidad, porque se resta el consumido en oxidaciones cadavéricas de la sangre durante las manipulaciones, y no se cuenta con cierta cantidad que permanece combinada con la hemoglobina á despecho del vacío. Esta última porción aparece cuando se calcula el oxígeno por los agentes reductores.

La distribución de los gases, salvo para el N, que no tenemos datos, no es homogénea en toda la sangre, pues aparte la diferencia entre la venosa y la arterial, para cada porción del círculo ocurren variaciones relativas á la intensidad y calidad funcional de los diversos órganos. Así, por ejemplo, la sangre venosa que sale de una glándula en función, contiene más oxígeno que la de otra en estado de reposo (véase glándula submaxilar).

424 **Funciones de los glóbulos de la sangre: leucocitos.**—Estos glóbulos gozan del mayor poder funcional que es dable á la célula, y lo manifiestan en su triple aspecto: metabolismo, reproducción y movimientos.

Metabolismo de los glóbulos blancos.—Los leucocitos, á fuer de moléculas organizadas, transforman los principios que absorben y su propia substancia; poseen reservas nutritivas, ingresan y excretan. Afortunadamente para la economía, entre los ingresos de los leucocitos se cuentan buen número de restos orgánicos que serían nocivos á no disolverlos y excretarlos dichos glóbulos.

1 Landois, obra citada, pág. 61.

No hace muchos años que Metschnikoff dió á conocer, con el nombre de *fagocitosis*, la singular aprehensión de corpúsculos orgánicos, microbios y hasta células, verificada por ciertos glóbulos dotados de movimientos amiboides. Dichos glóbulos se apoderaban de la presa á favor de sus prolongaciones protoplasmáticas, y una vez incluida en su cuerpo, la disolvían y la excretaban.

La fagocitosis, como se ve, no es más que la ampliación del poder, reconocido desde muy antiguo á los amibos, de apoderarse y encerrar en su cuerpo los granos de cinabrio ó de cualquier otra substancia que se les ofreciera.

En el organismo humano se ve á los leucocitos cargados de materias colorantes, que proceden de la desintegración de los glóbulos rojos; se muestran también en el bazo y en la médula de los huesos otros leucocitos de gran tamaño, que tienen aprisionados en su cuerpo hematies casi íntegros, y su composición química revela la existencia de otros productos de asimilación, que, por carecer de color, no se ven directamente. Además posee el leucocito substancias en reserva nutritiva, como el glucógeno y quizá la grasa, y otras francamente excrementicias, como la lecitina, la colessterina, etc., que parecen originadas por el metabolismo de la propia célula.

Es probable que los leucocitos no se limiten á purgar la sangre de los productos regresivos, sino que sus propiedades fagocitóticas se extiendan á devorar los fermentos vivos patológicos que invaden el organismo. Así lo presuponen las experiencias de Metschnikoff, y tal lo confirman las iuvestigaciones clínicas en estos últimos años.

Reproducción de los glóbulos blancos. — Con su juventud, y por los núcleos que poseen, están indicando los leucocitos su aptitud para multiplicarse. Esta reproducción se verifica por fisiparidad, y se cumple en la vida embrionaria y en la individual. Hay que reconocer, sin embargo, que la actitud reproductora es mayor en los glóbulos del embrión.

La reproducción de los glóbulos blancos ha sido demostrada en la sangre y en la linfa por Ranvier, Renaut y Flemming; pero influye menos en su número que la generación por los órganos linfoides.

Movimientos de los leucocitos. — Como los organismos

monocelulares, llamados amibos, los glóbulos blancos emiten prolongaciones protoplasmáticas por la superficie de su cuerpo; de ellas se sirven para apoderarse de las partículas extrañas y para progresar á lo largo de los intersticios de los tejidos, ó en dirección opuesta á la corriente del líquido en que viven, y, finalmente, para emigrar de los vasos á través de las *stomatas* de la pared. (Diapedesis.)

Los movimientos amiboides de los leucocitos se originan en la contracción del protoplasma, y, en tal concepto, sufren la influencia excitante, deprimente ó letal de los agentes físicos y químicos. Así, por ejemplo, una temperatura de 40° los excita, de 50° tetaniza el protoplasma y lo reduce á la forma esférica, y á 70° lo coagula y destruye. Lo propio ocurre con las excitaciones eléctricas, según su intensidad, y con los venenos y cuerpos químicos.

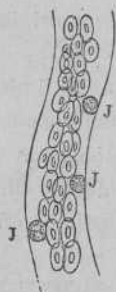


Figura 27.

Vaso capilar de la rana, según García Solá 1.

Nada tan fácil y curioso como observar los movimientos de los leucocitos al microscopio. Para ello basta situar una gota de sangre de rana en la cámara húmeda, con objeto de impedir que los glóbulos perezcan por desecación; pero resulta más completa é instructiva la experiencia cuando se verifica sobre un animal vivo. Generalmente me valgo yo para este objeto,

1 J, J, J, zona periférica formada por los leucocitos que marchan aplicados á la pared del vaso. (*Anatomía patológica*, pág. 128.)

en el laboratorio, del mesenterio de una rana ó de un gato recién nacido. Previa inmovilización del animal con el curare ó un anestésico, fijo con alfileres un pedazo de mesenterio sobre la mesita con tablero de corcho que sirve á estas experiencias, cuidando naturalmente que la membrana convenga con la ventana que hay en dicha mesita; vierto unas gotas de agua sobre el mesenterio y procedo al examen microscópico de la preparación. Prescindiendo de todos los detalles que corresponden al proceso inflamatorio, porque el mesenterio se inflama al contacto del aire, se ve (figura 27) la corriente vascular circulando por el centro del vaso los hematies, mientras los leucocitos se pegan á las paredes (capa inerte de Küss). Bien pronto comienzan los últimos á emitir prolongaciones, con las cuales caminan, hasta que una de ellas se fija en la pared y logra atravesarla por un orificio: entonces se establece un cambio de forma del glóbulo, y todo el protoplasma atraviesa por la *stoma* del vaso, siguiendo la prolongación. Libre el glóbulo emigrante, sigue moviéndose con agilidad por el tejido conjuntivo ambiente. Este fenómeno se le conoce con el nombre de *diapedesis*¹, y es perfectamente fisiológico: quiero decir que, en estado normal, los glóbulos blancos emigran de los vasos para tornar á la sangre con la linfa.

Funciones de los glóbulos rojos. — En punto á funciones, no puede ser más brusca la transición desde los leucocitos á los hematies. Estos últimos son células viejas, infiltradas en *pigmentum* (hemoglobina), sin aptitudes reproductoras, con nutrición escasa y de funciones pasivas, aunque trascendentales á la economía. Son los hematies, para decirlo con brevedad, unos almacenes ambulantes que llevan el oxígeno á los tejidos. Gracias á la aptitud que posee la hemoglobina de combinarse con el oxígeno, almacenan los hematies este gas y lo conducen á todos los tejidos, que, más ávidos por él que la dicha hemoglobina, se lo roban y la tornan reducida á la sangre venosa.

Los glóbulos rojos se descargan del oxígeno total y completamente; es decir, que no caben términos intermedios entre la oxihemoglobina y la hemoglobina reducida; ó todo, ó nada, porque tal es la ley de su combinación.

¹ Probablemente deriva de la palabra griega *Διάπαρσις*, acción de talar.

Historia de los glóbulos de la sangre: Leucocitos.—

Los glóbulos blancos de la sangre se engendran en el estado normal, por las células del tejido conjuntivo reticular ó adenoide que constituyen los corpúsculos de Malpigio en el bazo, las cavidades cerradas del timo y los alvéolos de los ganglios linfáticos y de los folículos cerrados. También proceden de la multiplicación de los leucocitos preexistentes.

En el estado patológico, todas las células del tejido conjuntivo, desde el fibroso al cartilaginoso y óseo, pueden proliferar y dar de sí leucocitos (células de pus). Pero en todos los casos se generan por multiplicación celular, y nunca por organización de la linfa ó de algún blastema formador.

Los leucocitos viven poco individualmente, y están sujetos á continua renovación. Carecemos de medios para calcular cuánto dura la vida de un glóbulo blanco; pero todo induce á creer que es breve, como la de todas las células, y quizá más que ninguna, á no ser epitelial, porque los leucocitos trabajan mucho y se gastan pronto.

Las mayores probabilidades están porque los glóbulos blancos se destruyen, y de sus restos se forman los componentes de la fibrina. En la lección XXV traté de este punto; sólo he de advertir que, no siendo la fibrina un componente normal de la sangre, lo más que puede aceptarse es que los productos de desintegración de los leucocitos van con el plasma como núcleo-albúmina ó globulina, á título de principios excrementicios, susceptibles de ulterior transformación y excreción. Si dichas sustancias son constantes en el plasma, es porque la destrucción de glóbulos es continua.

Los leucocitos, como viven viajando, mueren en cualquier parte del organismo, y por esta razón los autores, con buen acuerdo, no discuten el lugar de destrucción de estos glóbulos.

Origen de los glóbulos rojos. — Muy divididas andan las opiniones de los histólogos y fisiólogos acerca de este punto; y aunque el acuerdo no se ha logrado, yo, como carezco de opinión propia, he de atenerme á la que me parece más cerca de lo cierto, á la de mi compañero Cajal.

Cajal en la 2.^a edición de su H. Patología pag 73
fibrina ósea
no es seme-
jante con
los leucocitos

Según este sabio histólogo ¹, el origen de los hematies es análogo en el embrión y en el adulto. En el *embrión* se producen á expensas de la hoja media del blastodermo mediante unos cordones de células redondeadas. Bien pronto dichos cordones se hacen huecos porque se desprenden las células más internas, y entretanto las externas ó periféricas se aplanan y constituyen la pared del vaso. Las células desprendidas nadan en un líquido plásmico y son los primitivos glóbulos del embrión, los cuales, una vez formada la sangre, se multiplican y aparecen con dos formas: 1.º, *células semihialinas* (Cajal) ó *ictioblastos* (Loewit), esféricas, nucleadas, hialinas sin hemoglobina ó ligeramente teñidas por ella; y 2.º, *células rojas*, esféricas, nucleadas y con protoplasma hialino cargado de hemoglobina.

Las células semihialinas, que según Cajal representan los gérmenes de los hematies, proliferan abundantemente; una parte se transforma por secreción de hemoglobina en hematies nucleados, y otras quedan como gérmenes para seguir produciendo glóbulos.

Las células rojas proliferan á su vez y acaban por convertirse en hematies perfectos mediante expulsar el núcleo, y adquirir la forma de disco.

Es lo cierto que, hasta la cuarta semana, los glóbulos del embrión humano poseen núcleos. Poco á poco, y á medida que el embrión avanza en su desarrollo, van perdiendo los glóbulos su núcleo; al mes tercero sólo se halla una cuarta ú octava parte de glóbulos nucleados, y en la época del nacimiento es excepcional encontrarlos.

En el adulto, los glóbulos rojos se forman de otras células análogas á las descritas en la sangre del embrión. Dichas células hematoblásticas se encuentran en la médula roja de los huesos y son también de dos clases: 1.ª, eritroblastos ó células blancas é hialinas; y 2.ª, hematies nucleados ó células de Neumann. Las primeras proliferan abundantemente y se convierten en célu-

¹ Cajal *Histología*, pág. 222.

las de Neumann; éstas se multiplican á su vez, y cuando maduran pierden el núcleo, toman la forma de disco y entran en el torrente circulatorio.

Organos hematopoiéticos. — Con este nombre se indica por los fisiólogos la médula de los huesos, el hígado, el bazo y las glándulas vasculares sanguíneas, considerándolos fábricas de glóbulos rojos. De ninguno de estos órganos tenemos pruebas directas en pro de la fabricación de hematies, pero sí indicios bastantes á justificar su apellido de hematopoiéticos.

Veamos en qué consisten estos indicios.

Para la médula de los huesos, la única prueba la suministra la existencia de los glóbulos de Neumann y de los mieloplaxos. Como indicios coadyuvantes, la riqueza vascular de este tejido y la transformación de la médula amarilla en médula roja, en ciertos estados que indican una hematopoesis muy activa.

Para el hígado, el principal argumento reside en los análisis practicados hace bastante tiempo por Lehmann. Este fisiólogo encontró en la sangre de la vena suprahepática mayor proporción de glóbulos rojos que en la procedente de la vena porta, con la particularidad de que los de la primeras eran más pequeños, más esféricos y menos resistentes al agua; más claro: parecían jóvenes, comparados con los hematies ordinarios. Indicio en apoyo de la misma fabricación es la identidad de la hematóidina y de la bilirubina, salvo que la última no contiene hierro; este hierro ha podido emplearse en la fabricación de nuevos glóbulos.

Para el bazo las pruebas son numerosas, aunque no concluyentes:

- 1.^a El análisis químico demuestra que el bazo contiene más hierro y más potasio que la sangre, en igualdad de peso.
- 2.^a La sangre de la vena esplénica, previa parálisis vaso-motora del bazo por sección de sus nervios, contiene mayor proporción de glóbulos que la arterial del mismo órgano.
- 3.^a Se encuentran en la pulpa esplénica glóbulos rojos á medio formar, otros enteros, otros en vías de destrucción, y, en fin, células análogas á las de la médula ósea.
- 4.^a El bazo es un órgano atávico, un pedazo de embrión viviendo en el adulto, y, por tanto, conserva funciones embrionarias (formación de glóbulos). No obstante estas pruebas, la función del bazo no es esencial al hombre, porque sobrevive y se restablece después de su extirpación: cierto que en estos casos puede haber sustitución funcional.

Para las glándulas vasculares sanguíneas, las pruebas son aún menos directas. Se reducen á la analogía de su estructura con el bazo y á la intervención que toman en el origen de los leucocitos.

Fin y acabamiento de los glóbulos rojos. — Como células caducas que son los hematies, han de morir pronto para ser substituídos por otros recién fabricados. Los fisiólogos se preocuparon del lugar de la destrucción y tomaron, por cabo de sus investigaciones, el paradero de la materia colorante que debe acompañar á los *detritus* de los glóbulos rojos. Esta materia colorante se encuentra en la bilis, en el cieno esplénico y en la orina, y por lo mismo se deduce que la *globulisis* debe verificarse en lugares varios, si no en toda la economía.

No obstante, la experimentación fisiológica se ha fijado en el hígado y en el bazo, por donde estos órganos serían verdaderas fábricas y fundiciones de hematies, en cuanto los producen y los destruyen.

Respecto al hígado, ya hemos dicho en otro lugar la mejor prueba en pro de la restauración de glóbulos: el hecho de no contener hierro la materia colorante de la bilis, que deriva de la de los glóbulos, y el aumento de bilirubina cuando se inyecta hemoglobina en la vena porta.

Lección XXX

Circulación de la sangre.

Sumario: Sistema vascular.—Condiciones mecánicas que se deducen de la forma y situación del sistema y de las resistencias y velocidad del círculo.—Calibre vascular.—Unidad del sistema.—Flexuosidad de los vasos.—Elasticidad.—Contractilidad.—Resistencia de las paredes vasculares.—Sistemas vasa-porta hepático y renal.

25 **Sistema vascular.**—La sangre circula por un sistema de tubos cerrados, de calibre y grosor variables, que anatómicamente se clasifican en tres categorías ordenadas en esta sucesión: arterias, capilares y venas. El sistema tiene por centro mecánico un órgano musculoso y hueco, el corazón, que hace oficio de bomba aspirante-impelente y posee válvulas para dirimir el sentido de la circulación. Todos los tubos, no obstante la diferente estructura de las arterias, venas y capilares, son elásticos, contráctiles y porosos.

Forma del sistema.—Despojado un hombre, por arte de la imaginación, de todo lo que en su cuerpo no son arterias, veríamos pender del corazón dos árboles, cuyos troncos, naciendo de los ventrículos, darian de sí las ramas, ramos y ramitos que corresponden á cada uno de ellos. Si con un nuevo esfuerzo de imaginación fundimos todos los calibres subalternos de las ramificaciones en uno solo, el sistema arterial se aparecerá á nuestra consideración en forma de doble trompeta, cuyos extremos aña-

dos (embocaduras) serán los orificios aórtico y pulmonar, y cuyas bases, ensanchadas en forma de pabellón, mirarán al exterior, ó sea á los tejidos, suponiendo reconstituída la figura corporal del hombre. Así lo comprueba la Anatomía, que da para el sistema de las arterias un calibre total mucho mayor que para los troncos aórtico y pulmonar.

Por análogo procedimiento imaginativo podemos figurarnos los dos sistemas venosos, el general y el pulmonar, pendientes del corazón por tres troncos el primero (las dos venas cavas y la coronaria), y por cuatro el segundo (las cuatro venas pulmonares). Estos grupos, de tres y de cuatro venas respectivamente, representan el desagüe común de la corriente de reflujo, por cuanto á ellas convergen todos los troncos, venas y venillas del cuerpo. Tenemos, pues, otros dos árboles, paralelos á los arteriales y también en forma de trompeta, con la base en los tejidos y la embocadura en el corazón (aurículas).

El calibre total de todos los ramos venosos es dos veces mayor que el correspondiente al árbol arterial.

Uniendo estos cuatro árboles (dos arteriales y dos venosos) por su parte periférica, se encuentra la red capilar, constituida por vasos que justifican el nombre, por su estrechez extraordinaria; pero tan numerosos, que su calibre total representa en los generales 800 veces la aorta, según Vierordt.

Estos vasos se extienden desde las divisiones arteriales más finas á las venillas más sutiles, y representan á modo de laguna ó vaso ensanchado entre los pabellones de los dos conos arterio-venosos.

Si con estos datos queremos construir un esquema, podemos figurarnos dos trompetas largas, arqueadas y de anchísimos pabellones, mirándose por la concavidad y unidas por los dichos pabellones á favor de un cilindro de más diámetro que éstos. Con esta figura obtendremos uno de los círculos; basta construir el otro y cruzarlos en el corazón, para que resulte un ocho de

guarismos, formado por los cuatro árboles arteriales y venosos y los dos cilindros capilares de unión.

Condiciones mecánicas del sistema: 1.^a—*Forma*.—La primera condición mecánica surge de la forma total del sistema, y se deduce de este principio que rige la circulación de los líquidos: «La velocidad está en razón inversa del diámetro de los tubos.» Por tanto, sin fijarnos en otras consideraciones, podemos inducir que la circulación será más lenta en los capilares (parte más ancha del sistema), aumentará de velocidad desde las venillas al corazón y alcanzará la máxima en los orificios arteriales, por el doble motivo de ir en estos puntos íntegra la potencia motora y ser la parte más estrecha del sistema.

2.^a—*Situación*.—La segunda condición mecánica se deduce de la situación de las diferentes secciones del círculo. Una parte, el corazón y los grandes vasos, se encuentran contenidos en la caja torácica y reciben el influjo de la presión atmosférica á través del pulmón y con las alternativas consiguientes á las dilataciones y contracciones que en la cavidad determinan los movimientos inspiratorios y expiratorios. Esta condición será más rigurosa sobre los vasos contenidos en el parénquima pulmonar; pero como se ejerce á la vez sobre las corrientes aferente y eferente del círculo menor, no le causa perturbación alguna. En cambio, los vasos extratorácicos reciben el peso de la atmósfera en todo su valor, y de aquí un desequilibrio de presión entre unos y otros (los intra y extratorácicos), que coadyuva, dentro de ciertos límites, al movimiento de la sangre.

En igualdad de situación, el peso de la atmósfera será más efectivo sobre el líquido circulante cuanto menor sea el grosor y la rigidez de las paredes. Así, por ejemplo, las alternativas de presión por los movimientos respiratorios se hacen sentir mucho más sobre las venas, aurículas y ventrículo derecho que sobre las arterias y ventrículo izquierdo, que respectivamente tienen más gruesas y rígidas sus paredes. En las secciones extratorácicas ocurre lo mismo, y por eso las venas dependen más de la presión atmosférica que las arterias, puesto que las últimas, seccionadas en anillos, aún conservan su forma cilíndrica.

3.^a—*Resistencias*.—Ya hemos dicho, que éstas dependen del peso y calidad del líquido, de la longitud de los tubos y del rozamiento, y que este último crecía enormemente en los sistemas capilares. En su consecuencia, la sangre, al salir impulsada por los ventrículos, debe poseer la energía suficiente para vencer todas las resistencias que se opongan á su

recorrido, hasta refluir á la aurícula, y, naturalmente, la energía ha de ser menor para la circulación pulmonar (menor recorrido); así es en efecto, porque el ventrículo derecho tiene menos potencia impelente que el izquierdo. Pero en ambas circulaciones, mientras las energías motoras no se emplean en vencer las resistencias, deben comparecer en el manómetro bajo la forma de presión; y como la resistencia máxima la ocasiona el rozamiento en los capilares, ha de haber y hay un desequilibrio enorme entre la presión de la sangre en las arterias (antes de vencer la resistencia capilar) y en las venas (después de vencida). Deducciones: 1.^a El máximo de la presión corresponde á los orificios arteriales, el mínimo á las aurículas y el medio á los capilares. 2.^a La corriente se verifica desde el punto de más potencial, ó sea el ventrículo, al de menor presión, que es la aurícula. 3.^a La presión decrece constantemente desde los ventrículos hasta las aurículas.

4.^a — *Velocidad*.—La cuarta condición es una consecuencia de la segunda y tercera, y se refiere á la mayor velocidad de la corriente aferente, comparada con la eferente. Por ir de menor á mayor el calibre de las arterias, el curso de la sangre se va retardando desde el corazón á los capilares; la razón contraria influye para que la circulación venosa se acelere desde los capilares á las aurículas; pero estas condiciones opuestas jamás se compensan, porque siempre resulta una mayor velocidad para la corriente en las arterias. Débese esto á que en la corriente arterial está viva la fuerza cardíaca, que aún no se ha empleado en vencer las resistencias (red capilar) bajo la forma de presión, y ésta hace crecer la velocidad en relación á la raíz cuadrada; quiero decir que, cuando la presión aumenta como 4, 9, 16, etc., la velocidad crece como 2, 3, 4, etc. Añádase á esto el menor calibre de las arterias respecto á las venas.

Calibre vascular. — Nada tan variable como el calibre del sistema, y nada tan providente para el perfecto funcionalismo de los órganos como las alternativas de los tubos vasculares encargados de su nutrición. Desde luego la capacidad total del sistema es muy superior á la cantidad normal de sangre; pero esta magnitud es virtual, porque, en condiciones fisiológicas, el continente se adapta con exactitud al contenido. Quiero decir con esto que, para cada momento de la vida, el sistema ofrece precisamente la capacidad bastante al líquido en circulación, y

que se dilata ó se estrecha según que aumente ó disminuya el caudal hemático. Ahora bien; no se prestan de igual manera todas las partes del círculo á las alternativas de calibre. Desde luego, las más susceptibles de dilatación y contracción son las capilares, que pasan desde la impermeabilidad á una anchura extraordinaria para sus dimensiones; síguenles en laxitud las venillas y las venas, luego las arteriolas y arterias, y, en fin, los gruesos troncos arteriales, que gozan de calibre más fijo.

En todos los casos, el calibre de un tubo vascular depende de la resultante entre la presión hidráulica de la sangre, única fuerza que tiende á dilatarlos, y la elasticidad y contractilidad de los vasos que se oponen á la dilatación. Mas esta lucha se verifica en condiciones desiguales para cada especie de vasos: en los gruesos troncos arteriales la presión lucha libremente con la elasticidad, y la reacción elástica torna el vaso á su forma natural cilíndrica, y mantiene dicha forma, aunque cese la circulación; en las venas, la elasticidad y la contractilidad de las paredes son auxiliadas por la presión de la atmósfera, y cuando la presión de la sangre no actúa, los tubos se aplanan en forma de cinta, hasta desaparecer el calibre; los capilares tienen un calibre virtual, y no existe la luz del tubo sino en cuanto se la procura el líquido por su presión.

Unidad del sistema. — Consecuencia de lo que precede es la unidad mecánica del sistema. En efecto, siendo constante el total calibre para la cantidad de líquido en circulación, es evidente que toda variación en más, de un órgano, se traducirá por menos en otro; lo que viene á significar, traducido al lenguaje patológico: toda hiperhemia (exceso de sangre) en un órgano, supone hipohemia (defecto de sangre) en otro.

Flexuosidad de los tubos. — Los vasos son ramificados y tortuosos, y por entrambas condiciones alteran la regularidad del círculo en sus diversas partes, si bien no modifican la resultante dinámica general de la circulación (presión y velocidad medias).

Elasticidad de los vasos. — Los capilares tienen estructura sencilla, y su elasticidad corresponde al protoplasma; mas las arterias y venas reciben el poder elástico del tejido del mismo nombre que entra en la constitución de sus tunicas interna y media, y á las fibras musculares que poseen las citadas tunicas. El tejido elástico cede con dificultad á las fuerzas dilatantes, pero la reacción es completa; *su elasticidad es grande y perfecta*. Los músculos oponen muy débil resistencia á las fuerzas de los que solicitan, y recobran su posición primitiva luego que aquéllas dejaron de actuar; *su elasticidad es débil y perfecta* (Küss).

El tejido elástico debe su aptitud á su constitución anatómica, y la conserva *post mortem* hasta la descomposición cadavérica; la elasticidad del músculo depende de su nutrición y se pierde con la vida.

Contractilidad de los vasos. — Todos los vasos son contráctiles; los capilares, por el protoplasma de las células que constituyen sus paredes; las arterias y venas, por las fibras musculares que se encuentran en la túnica media, y para ciertas de ellas, en la interna y externa. La contractilidad de los vasos está subordinada al sistema nervioso, y en las mismas paredes existen probablemente ganglios para regir las fibras musculares.

Las fibras musculares son muy numerosas en las arterias de mediano calibre; son numerosas, aunque no tanto, en las de ínfimo diámetro, y van disminuyendo en proporción que los troncos se hacen más gruesos, hasta faltar del todo en la porción inicial de la aorta y en la arteria pulmonar. Por el contrario, el tejido elástico gana en espesor y rigidez desde las arteriolas á la aorta; de donde se deduce que este tronco, la arteria pulmonar y las gruesas ramas de los miembros y vísceras, apenas disminuyen de calibre por la contracción de los músculos vasculares. También carecen de fibras contráctiles las arterias de los huesos y las retinianas.

Análoga distribución ofrecen los tejidos elástico y musculoso en las venas; pero, en general, estos vasos responden á la contracción mejor que

las arterias correspondientes, porque nunca en ellos el tejido elástico llega á adquirir el desarrollo suficiente para hacer rígida la pared. Desde luego carecen de fibras contráctiles los gruesos troncos braquio-cefálicos, las venas cavas, superior é inferior, las venas de los huesos, las retinianas y las de los centros nerviosos y sus cubiertas: en las del resto del cuerpo las fibras musculares son proporcionalmente más numerosas á contar desde las venillas á las venas gruesas.

Los capilares, como repartidores directos que son del líquido nutricio que conducen, gozan de contractilidad sin limitación alguna, y sirven á los tejidos según las exigencias del cambio atómico. Esta contractilidad ha sido directamente demostrada en varios animales por Stricker, Rouget, Tarchanoff y otros. Es fácil de comprobar en la membrana interdigital de la rana, y en el mesenterio del conejo y del gato recién nacidos.

Resistencia de las paredes vasculares. — Los vasos ofrecen una resistencia muy superior á la presión máxima que han de soportar. Tal es su fuerza de cohesión, que ni el aumento patológico y extraordinario de la presión de la sangre puede hacerlos estallar, á menos que no estén lesionados en su textura. Según Wolkmann, la carótida no se desgarrar aunque se la someta á una presión catorce veces mayor que la arterial; y para Grehant y Quinquaud, la carótida y la iliaca primitiva del hombre resisten una presión de ocho atmósferas (6 metros 80 centímetros de mercurio). En igualdad de grosor, las venas resisten más que las arterias. La parte más débil es la red capilar, y aun así, su fuerza de cohesión es muy sobrada para la presión que deben soportar normalmente.

Sistema vasa-porta. — Dentro de la regularidad de ramificaciones y sucesiones que he descrito en el sistema, hacen excepción dos círculos orgánicos: los correspondientes al hígado y al riñón. El primer órgano, además de la sangre arterial que recibe de la hepática, cuenta con la que le presta la vena porta; ésta recoge en su tronco las venas mesentéricas gastro-epiploica, la coronaria y la esplénica, y se capilariza en el hígado como si fuese una arteria. Tenemos, pues, entre las ramas de la aorta y

las venas definitivas del hígado (venas suprahepáticas) dos redes capilares: una visceral, para los intestinos, estómago, páncreas y bazo; y otra hepática, que ciñe como una red á las células de los lobulillos. Desde el punto de vista mecánico, esta duplicación de capilares supone una mayor resistencia al paso de la sangre, y, por ende, un agotamiento más completo de la energía motora; todo lo cual se traduce por una disminución de presión y una mengua de velocidad en la red hepática. Estas condiciones no pueden ser más favorables á la absorción y al metabolismo que ejerce el hígado sobre las primeras materias que se absorben; á la primera, por cuanto una baja presión en la sangre favorece la ósmosis; al segundo, porque la lentitud y mansedumbre de la sangre que atraviesa el hígado permite á este órgano cumplir holgadamente las operaciones de que está encargado cerca de las materias nutritivas.

El sistema vasa-porta renal se cumple mediante la capilarización del vaso eferente del glomérulo. Como en el hígado, tenemos dos redes capilares: la primera, por división de la arteria renal, constituye el glomérulo de Malpigio; la segunda se extiende entre los *túbulis*, y debe su origen, como he dicho, á la división del vaso que recoge la sangre del glomérulo (vaso eferente.) De esta segunda red procede la vena renal definitiva, que confluye á la cava inferior.

El efecto mecánico total del sistema del riñón es aumentar en un doble las resistencias y agotar el impulso motor; pero los detalles varían completamente de los que he referido para el hígado. Desde luego, en la primera red capilar, la que forma el glomérulo, la presión de la sangre es mucho mayor que la de los capilares ordinarios, porque la recibe con todo su vigor cuando casi no ha experimentado obstáculos en su recorrido desde la aorta á la arteria renal; por el contrario, la segunda red de capilares que rodea á los *túbulis* recibe sangre cuya energía se ha casi agotado en vencer las resistencias de los vasos glomerulares,

y, por tanto, la presión en ella ha de ser más baja que la de los capilares ordinarios, y mucho menor que en los anteriores. El aumento de presión en la red del glomérulo es causa de que por éste se filtre la parte más líquida de la sangre (el agua y las sustancias difusibles), y dicha filtración es parte principal de las funciones renales. (Véase secreción de la orina.)

Habrá notado el lector, como nota el fisiólogo, cierta falta de correlación en los efectos mecánicos que arrojan de sí las dos primeras redes capilares de los sistemas hepático y renal. Es evidente que las mismas causas militan en pro de un aumento de presión en ambas, porque las dos se ofrecen como primeras resistencias á vencer por la energía que anima á la sangre arterial; y, sin embargo, la resultante útil de la primera es la mengua de presión para el mejor desempeño de las absorciones intestinales y del metabolismo hepático, y para la red del glomérulo, el aumento de presión, causa de las filtraciones en la secreción renal. Para desvanecer esta aparente contradicción hemos de acudir al razonamiento, porque no podemos medir directamente la presión de la sangre en los capilares.

Cierto que debe existir un aumento de presión en las dos primeras redes capilares de los sistemas vasa-porta: lo abonan las consideraciones hidrodinámicas que he mencionado; pero es lógico afirmar también que la presión en la red del glomérulo debe ser más considerable que en la intestinal, porque de ser iguales habría ocasión á que el agua de la sangre se filtrara en el intestino lo mismo que en los glomérulos, y precisamente sucede lo contrario: en el riñón se escapa el agua, y por el intestino se absorbe. No sé decir cuáles factores intervengan para deshermanar los efectos; mas es probable que para el aumento extraordinario de presión en el glomérulo influyan la forma de capilarizarse la arteria renal¹ y la anchura, longitud y estruc-

1 La arteria renal se desprende en ángulo recto de la aorta y se distribuye en ramas que van derechamente al glomérulo.

tura de los capilares; y á la recíproca, en la moderada presión de la sangre en los capilares del intestino tiene parte la aspiración torácica que actúa sobre los vasos del hígado, y tal vez tenga influjo el nuevo obstáculo que á la circulación oponen las redes arteriales llamadas *admirables*, demostradas por Schöbl. Dichas redes las produce una arteria que, lejos de capilarizarse, se divide en multitud de arteriolas, las cuales, anastomosándose entre sí, reconstruyen el tronquito arterial.

Leccción XXXI.

Motores de la circulación.

Sumario: Corazón. — Aurículas. — Ventriculos. — Contracción del corazón. — Revolución cardíaca. — Sístole auricular. — Sístole ventricular. — Juego de las válvulas aurículo-ventriculares. — Juego de las válvulas sigmoideas. — Ritmo cardíaco. — Cardiograma. — Técnica. — Latido cardíaco y su teoría. — Cambios normales en el foco del latido. — Ruidos cardíacos y su teoría. — Ruidos arteriales. — Trabajo del corazón.

L 26 **Corazón.** — Es un músculo hueco, dividido por una pared vertical en dos cavidades, derecha é izquierda (corazón derecho é izquierdo). Cada una de estas cavidades está subdividida por un tabique transversal en dos cámaras, una superior, aurícula, y otra inferior, ventrículo; las dos cámaras comunican entre sí por un conducto llamado aurículo-ventricular ó venoso, el cual permite el flujo de la sangre desde la aurícula al ventrículo; pero no el reflujo en sentido contrario, porque á ello se oponen las válvulas mitral (corazón izquierdo) y tricúspide (corazón derecho). En la vida extrauterina normal no comunican jamás las cavidades derechas con las izquierdas. El corazón funciona como una bomba aspirante-impelente.

Aurículas. — Son unos receptáculos para la sangre que viene por las venas, ó mejor dicho, venas anchísimas, á las que confluyen todas las del círculo respectivo. Por su estructura, las aurículas poseen elasticidad y contractilidad como las venas, y

tienen paredes flácidas. Por su situación, son antecámaras de los ventrículos.

Ventrículos. — Son los primeros motores de la sangre, y, á la inversa de las aurículas, semejan arterias, tan ricamente provistas de fibras musculares, que su contracción, en un momento dado (sístole ventricular), vence las contracciones parciales de los músculos de las paredes de todos los vasos.

Contracción cardíaca. — Las fibras musculares del corazón se parecen á las lisas, en su cortedad (de 15 á 23 micromilímetros), en carecer de sarcolema y en anastomosarse unas con otras; y á las de los músculos voluntarios, en su doble estriación. Este carácter anfibológico lo conservan en sus funciones, y así se observa que el trazado gráfico de la contracción cardíaca se asemeja á la obtenida en los músculos lisos (contracción tónica) por la longitud de la curva (duración), y á la de los músculos estriados por la superposición de otras curvas sobre la principal (curvas de oscilación).

Revolución cardíaca. — En cuatro hechos fisiológicos descansa el ritmo y sucesión de las contracciones en las diversas partes que componen el corazón:

1.º El corazón, en cuanto es músculo, no puede estar constantemente contraído, porque esta permanencia sería incompatible con su nutrición. Los músculos desasimilan en la contracción y asimilan en el reposo.

2.º Para los fines dinámicos que cumple la bomba cardíaca, es imposible la contracción simultánea y total del órgano.

3.º La contracción, en cambio, ha de ser simultánea para las cavidades análogas derechas é izquierdas (aurículas ó ventrículos), porque, dadas las relaciones entre la circulación pulmonar y la mayor, ambas son sinérgicas y dependen una de otra.

4.º La estructura del corazón derecho é izquierdo presuponen

el hecho demostrado por la Fisiología, que la contracción de cada uno de ellos tiene lugar en forma de onda peristáltica, la cual, originándose en la embocadura de las venas, se extiende á las aurículas y concluye ganando la totalidad de los ventrículos.

Los cuatro hechos que preceden se hacen vigentes en la realidad, por cuanto el corazón cumple su revolución en tres tiempos: *a*, contracción ó sístole de las aurículas; *b*, contracción de los ventrículos; *c*, reposo del corazón.

Sístole auricular. — Pone fin al reposo del corazón, coincide con el diástole de los ventrículos y tiene por objeto inyectar la sangre en ellos. Durante el periodo de descanso, las aurículas relajadas y con paredes flácidas se dejan llenar pasivamente por la sangre que les llega de las venas; á esta repleción coadyuvan: de una parte, la elasticidad de los pulmones; y de otra, la presión que trae la sangre (*vis á tergo*). Una vez llenas de sangre, comienza una onda de contracción en las fibras circulares de las venas, y se extiende á toda la aurícula; en su consecuencia, la cavidad se borra y el líquido es obligado á pasar al ventrículo, á través de los orificios aurículo-ventriculares.

Parece, á primera vista, que la sangre pudiera refluir hacia las venas en la contracción de las aurículas; porque como los líquidos son prácticamente incompresibles, escapan por todas las aberturas de la cavidad; pero á este reflujo se oponen las siguientes condiciones:

- 1.^a La contracción se inaugura en las venas, y, por tanto, desde el comienzo del sístole auricular, la sangre es empujada en la dirección de los ventrículos.

- 2.^a La presión en el ventrículo relajado es menor que la que trae la sangre por las venas, y la corriente se verifica en el sentido de la menor resistencia.

- 3.^a El reflujo es imposible por la vena coronaria, porque lo

impide la válvula de Thebesio; respecto á las cavas, lo obstaculizan las válvulas venosas lejanas; y por lo que hace á las pulmonares, la diferencia de presión, á que antes me he referido, basta para frustrarlo.

Pero ya que no retroceso, experimenta una detención ó pausa el flujo venoso, como se puede comprobar en la yugular del hombre y en los grandes troncos venosos del tórax, en el conejo. Esta pausa en la corriente venosa arguye un aumento de presión coincidente con el sístole auricular, que se traduce en el trazado gráfico (flebograma) por una curva ¹.

Sístole ventricular. — El sístole de los ventrículos sigue inmediatamente al de las aurículas, y tiene por objeto lanzar la sangre al sistema arterial. En su mecanismo debemos estudiar: la repleción del ventrículo, la contracción y su resultado dinámico.

Desde que los ventrículos dejaron de contraerse, hasta que vuelven á hacerlo, están recibiendo sangre de las aurículas, y, por tanto, su repleción abarca dos períodos del ciclo cardíaco: el reposo del corazón y el sístole de las aurículas. Durante el primero, los ventrículos, relajados y obedientes á la elasticidad de sus paredes, ofrecen vacía su cavidad natural; y como los orificios aurículo-ventriculares semejan conductos que dejan libre el tránsito á la sangre, desde las aurículas á los ventrículos, ésta se va depositando en los últimos. En dicho período, las dos cámaras de uno y otro corazón constituyen un solo recinto, y la sangre va fluyendo mansamente desde las venas á las aurículas, y de éstas á los ventrículos, gracias á la mayor presión que trae en las venas con relación á las cavidades cardíacas. Esta presión, como hemos visto, es suficiente para dilatar las aurículas, porque de una parte la elasticidad de los pulmones separa las paredes auriculares, y de otra éstas son muy delgadas y extensibles; pero no basta á lograr semejante dilatación sobre los ventrículos, porque el grosor de sus paredes los substraen á los efectos de la elasticidad.

¹ Véase la figura 44.

dad de los pulmones, y requiere dicha dilatación mayor esfuerzo que el que puede ejercitar la presión venosa. En el segundo período, la contracción de las aurículas presta á la sangre energía bastante para dilatar el ventrículo y completar su repleción.

El sístole ventricular no comienza sino cuando está lleno el ventrículo, y se repetirá con tanta mayor frecuencia cuanto sea la velocidad del círculo, ó más claro, cuanto menor sea el tiempo empleado en llenarse de sangre.

El sístole ventricular es, en último análisis, la postrer etapa de la onda de contracción peristáltica que se inauguró en la embocadura de las venas. Esta onda, después de haber cumplido el sístole auricular, se extiende á los ventrículos; pero experimenta cierto retardo en el tabique aurículo-ventricular, que no parece sino que las fibras circulares y radiadas de los orificios venosos oponen resistencia á su curso.

Prácticamente, el sístole de los ventrículos coincide con el reposo ó diástole de las aurículas; pero, en rigor, todavía subsiste un resto de contracción en las últimas cuando se inicia la de los primeros. Esta imbricación de las dos contracciones la demuestra el trazado gráfico de la revolución cardíaca, y ha sido observada directamente por Ziemssen y Gregorianz en una mujer que, á causa de una operación, hubo de tener el corazón al descubierto.

La contracción de los ventrículos es completa, y obliga á la sangre á salir por donde encuentra menos resistencia. Dos orificios se ofrecen al escape del líquido: el arterial y el venoso; el primero está cerrado por las válvulas sigmoideas, sobre las cuales actúa la presión de la sangre que se contiene en las arterias aorta y pulmonar; y en su consecuencia, cuando la tensión intra-ventricular supera á la de los troncos arteriales, las válvulas se abren y el líquido se hace paso *á viva fuerza*, empujando hacia la periferia el que ocupaba los vasos y dilatando á éstos. El orificio venoso opone un obstáculo invencible al retroceso de la sangre á las aurículas, gracias al juego de las válvulas mitral y tricúspide.

Juego de las válvulas aurículo-ventriculares. — La idea que tenemos de válvula nos lleva á pensar en un mecanismo

sencillo, tal como veremos en las sigmoideas, que se abren en el sentido de la corriente y se cierran en el opuesto; mas es preciso desecher esta idea para comprender el juego de las aurículo-ventriculares.

Ya he dicho que, en el estado de relajación, el orificio venoso y su válvula semejan un conducto en forma de embudo que hace comunicar la aurícula con el ventrículo. Durante el sístole auricular, ciertas fibras, que desde las paredes de la aurícula se irradian á la circunferencia del orificio y van á insertarse en la base de las válvulas, atraen éstas y las fijan para mantener abierta en todo su diámetro la parte ancha del embudo. Entretanto, la sangre corre de la aurícula al ventrículo, y las dos valvas de la mitral y las tres de la tricúspide penden flácidas en la cavidad del último, sin oponer el más leve obstáculo al curso del líquido.

Lleno el ventrículo, las válvulas, por su ligereza, tienden á flotar sobre la sangre: entonces comienza el sístole ventricular, y juegan como obturadoras del orificio venoso. El mecanismo de la obturación es muy complejo, y en él intervienen los siguientes factores:

1.º Las fibras circulares que poseen las bases de las válvulas por el lado del ventrículo, se contraen á manera de esfínter y limitan el orificio venoso, impidiendo toda dilatación por efecto del sístole.

2.º La sangre contenida entre las paredes del ventrículo, al ser comprimida por la contracción, aplica las valvas unas contra otras y las convierte en un macizo, ó lo que es lo mismo, hace impracticable la boquilla del embudo aurículo-ventricular. Al mismo tiempo que la presión de la sangre junta una válvula con otra, las empuja hacia arriba, para hacer más completa la obturación.

3.º Los músculos papilares, al contraerse, como fibras que son del ventrículo, impiden: de una parte, que la presión de la sangre rechace las válvulas á la aurícula; y de otra, mantienen á éstas en su posición. Miradas desde el ventrículo, parecen cúpulas

las irregulares, ó más bien, como dice Kürschner, velas hinchadas por el viento y mantenidas en su posición por los músculos papilares, que hacen el efecto de cuerdas.

Por tan complejos motivos, las válvulas aurículo-ventriculares son mecanismos automáticos de obturación, que, como los frenos de este nombre, utilizan en su juego la misma fuerza motora; de donde el obstáculo que oponen al reflujo es proporcional á la presión de la sangre.

Juego de las válvulas sigmoideas. — Ninguna dificultad ofrece el mecanismo de estas válvulas, formadas por tres segmentos triangulares, que se insertan por su base en las zonas arteriales y que convienen para obturar los orificios del mismo nombre; ofrecen superficies cóncavas por el lado arterial, y convexas en el ventricular. Por su elasticidad cierran el orificio, y así se encuentran en el cadáver; durante la vida, se cierran por el peso de la sangre que llena la arteria, y se abren por la presión del ventrículo.

Ritmo cardíaco. — El corazón late de 70 á 80 veces por minuto en el hombre adulto, lo que da para cada revolución cardíaca un espacio que oscila entre 0",705 á 0",805. Ateniéndonos sólo á las centésimas de segundo, puede establecerse la siguiente relación para los tiempos del sístole auricular, sístole ventricular y reposo del corazón: 11 (s. a.); 22 (s. v.); 44 (r. c.)

Las cifras que anteceden no son rigurosamente exactas, ni en su valor absoluto, porque el ritmo varía mucho, ni en el relativo, porque también es muy variable el intervalo que corresponde á cada tiempo de la revolución cardíaca. Las propongo como aproximadas y fáciles de retener.

He aquí las cifras que da Rosenstein para la duración de los diversos tiempos, según el trazado obtenido en el hombre con el cardiógrafo de Marey ¹. Los tiempos han sido calculados por las vibraciones de un diapásón:

¹ Rosenstein, *Enfermedades del corazón.* — *Enciclop. Ziemssen*, Trad. Vallina, 1892

Duración de la revolución cardíaca.....	0 s, 75 á 0 s, 90
Sístole ventricular.....	0 s, 15 á 0 s, 25
Diástole ventricular, reposo y sístole de las aurículas.....	0 s, 60 á 0 s, 65
Reposo y sístole auricular.....	0 s, 20 á 0 s, 25

Estas cifras pecan contra la exactitud, y en especial la última, porque la palanca del cardiógrafo recibe los cambios de presión á través de la pared torácica, y los resultados cambian según el estado de la misma; además, durante el diástole de los ventrículos estas cavidades se están llenando de sangre, y la palanca se eleva, acortando la duración del tiempo de reposo.

Más exactas son estas otras cifras, obtenidas directamente por Gibson¹ en un hombre afecto de cizura del esternón:

Sístole auricular.....	0 s, 115
» ventricular.....	0 s, 280
Reposo del corazón.....	0 s, 450

Cardiograma. — Se designan así los trazados gráficos que se obtienen en el hombre aplicando á la región precordial un aparato que transmita al polígrafo los movimientos del corazón. En el trazado, las elevaciones de la palanca por aumento de presión señalan una línea ascendente, y lo contrario todo descenso de presión. La altura mide la intensidad del movimiento, y la horizontal, que sirve de base á la curva, el tiempo.

La figura 28 representa un cardiograma obtenido en un hombre sano: *a b* corresponde al sístole auricular; *b c*, al ventricular; *d*, al cierre de las válvulas aórticas; *e*, al cierre de los pulmonares; *e f* significa el diástole de los ventrículos.

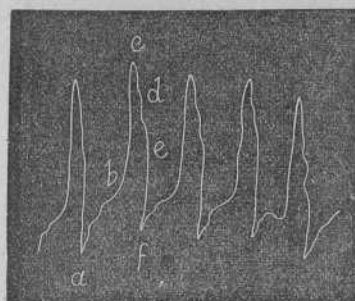


Figura 28.
Cardiograma.

¹ Citado por Landois.

El análisis de la curva enseña que la oclusión de las válvulas arteriales produce una ligera elevación de la palanca, que da en el trazado dos ganchos separados por un intervalo: primero las aórticas, después las pulmonares. Esta disparidad se debe á la mayor presión de la sangre en el sistema aórtico, y, por tanto, el intervalo crecerá con la diferencia de presión en los dos círculos arteriales, y disminuirá en opuestas condiciones. En ciertos afectos puede rebajarse tanto la presión en la aorta cuanto aumenta en la pulmonar, y darse una equivalencia que haga isócronas las dos oclusiones, con producción de un solo gancho.

Técnica. — No puede ser más sencillo el procedimiento para obtener gráficas de los movimientos del corazón en el hombre. Basta para ello disponer de un cardiógrafo clínico cualquiera, v. gr., el de Marey. La figura 29, representa el explorador cardiaco de Marey, modificado por el constructor Verdin y de uso muy cómodo en la clínica. Consiste esencialmente el explorador en una cápsula metálica cerrada por una membrana de cautchuc y terminada, por la parte opuesta, en un resorte en espiral. Sobre la membrana se pega un disco de aluminio, y sobre éste un botón de corcho, destinado á apoyarse directamente sobre la pared torácica con la intensidad

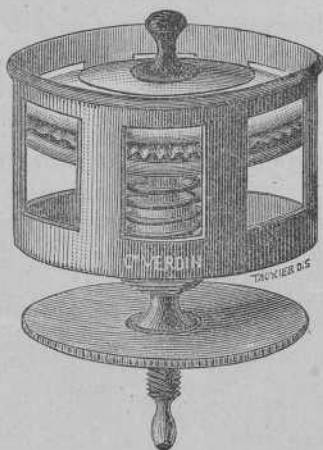


Figura 29.

Cardiógrafo clínico de Marey, modificado por Verdin. Último modelo.

que quiera darse, á favor de un tornillo de presión. Aplicado el botón al punto donde se manifiestan los latidos cardiacos, aquél se eleva ó se deprime con éstos, determinando cambio de presión en el aire encerrado en la

caja. Dichos cambios se transmiten por un tubo de caucho al tambor escribiente.

Para la exploración en los animales, úsase de aparatos idóneos, tales como el explorador de la figura 30, aplicable al conejo, y la pinza miográfica (fig.^a 31) que sirve para analizar los latidos del corazón aislado de la rana.

27 **Latido cardíaco.** — Aplicando la mano al pecho, en la región precordial, se siente una conmoción, como si el músculo cardíaco batiera la pared torácica. Este latido coincide *prácticamente* con el pulso, y tiene su foco en el quinto espacio intercostal, por debajo y por dentro de la tetilla izquierda: cuando es muy intenso se le puede percibir con la vista, y, de todas suertes, el oído aplicado al pecho nos lo da á conocer, juntamente con ruidos que más tarde estudiaremos.

El latido se debe á los cambios de forma, consistencia y relaciones que experimenta el corazón á causa del sistole ventricular, y varía de foco y de intensidad, según los cambios de posición que sufre el órgano.

En estado de relajación, el órgano tiene la forma de un cono aplastado de delante atrás, y de eje oblicuamente dirigido desde la base al vértice. La base de este cono se constituye en el punto de unión de los ventrículos con las aurículas, y figura una elipse, cuyo diámetro mayor es transversal; el vértice corresponde al ventrículo izquierdo, pues él solo forma la punta del corazón. Al contraerse por el sistole ventricular, el corazón se acorta y se estrecha para hacerse más grueso; es decir, que pierde en diámetro vertical y transversal, y gana en el antero-posterior. En consecuencia, la base del cono se hace cilíndrica, su eje perpendicular á la punta, y ésta se eleva y engruesa. Resultado común de estos cambios de forma: un choque de la punta del corazón contra el espacio intercostal.

El corazón, al contraerse, aumenta de consistencia, y este cambio produce al tacto una sensación análoga al choque: para convencerse de ello, cójase en la mano un corazón que esté latiendo. Es probable que el endurecimiento sistólico del corazón contribuya al efecto del latido; pero esta causa es secundaria si se la compara con la que antecede y la que sigue.

Skoda hizo valer con su autoridad, como causa muy interesante de latido cardíaco, lo que él llamaba *reacción hidráulica* y no era otra cosa que el

retroceso que experimentaría el órgano, por inercia, al pasar de la repleción al vacío. Muy análoga á esta teoría es la del choque por retroceso, que compara el que sufre el órgano, por causa de la contracción ventricular, al que se observa en un arma de fuego cuando se la dispara. Entrambas carecen de fundamento; porque el latido cardíaco persiste en un corazón exangüe, cuando no es posible el cambio de presión de la reacción hidráulica, ni el retroceso. Además, tiene en contra que el latido cardíaco se verifica antes del lanzamiento de la sangre á las arterias, según veremos más adelante.

No sólo cambia el corazón de forma y consistencia por causa de la contracción de los ventrículos, sino también de posición. Este último cambio influye en la producción del latido cardíaco como factor muy princi-

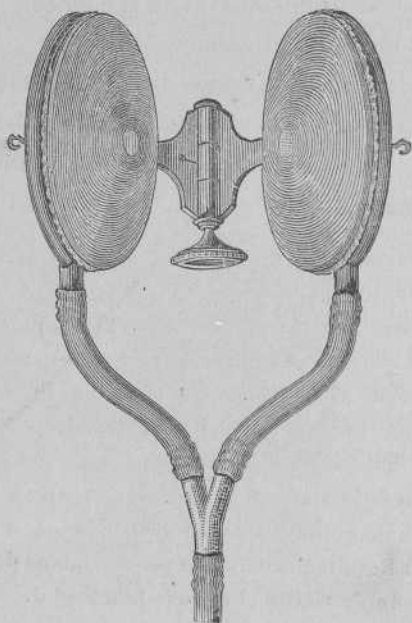


Figura 30.

Explorador para los latidos del corazón del conejo, modelo de Marey¹.

¹ Compónese de dos cardiógrafos unidos por un gozne y puestos en comunicación con el tambor escribiente á favor de un tubo en forma de Y. Un tornillo, cuyo botón se ve en el centro de la figura, fija el gozne en la posición que convenga.

pal. Clavando un alfiler en la región del latido en un conejo, puede observarse, y todos mis alumnos lo han observado, que la cabeza se mueve rítmicamente, con un movimiento que la dirige hacia abajo y á la izquierda, lo cual quiere decir que el corazón, donde está clavada la punta, lo hace hacia arriba y á la derecha. En el corazón, latiendo al descubierto, puede comprobarse el mismo movimiento, el cual consiste en una torsión que lleva arriba y á la derecha el borde izquierdo del corazón, haciendo que el ventrículo del mismo lado adquiera relaciones con la pared torácica. Este movimiento de torsión es debido al acortamiento de ciertas fibras en asa que, insertándose en la zona fibrosa del orificio aurículo-ventricular derecho, se dirigen oblicuamente de arriba abajo, de derecha á izquierda y de delante atrás, contorneando el borde izquierdo del corazón y terminándose en el mismo ventrículo.

El latido cardíaco coincide con el principio del sístole y con el primer ruido. Este hecho, demostrado por Landois, ha sido expuesto brillantemente por Matius ¹, que considera el sístole ventricular en dos tiempos: uno, llamado de *oclusión ó pre-expulsivo*, que media entre el cierre de las válvulas aurículo-ventriculares y la apertura de las sigmoideas; y otro, que comprende el lanzamiento de la sangre á las arterias. Según Matius, el choque se produce durante el primer tiempo, y es debido al empuje de la pared torácica por el ventrículo repleto.

Esta teoría da explicación á un hecho hasta ahora inexplicado, la coincidencia de un latido intenso y tumultuoso con un pulso pequeño: el ventrículo, debilitado en este caso, no prestaría á la sangre suficiente presión para abrir las válvulas sigmoideas, y, entretanto, sufriría las consecuencias de la repleción. También priva de fundamento esta hipótesis á todas las que fundan el latido cardíaco en los efectos mecánicos de la oleada de la sangre.

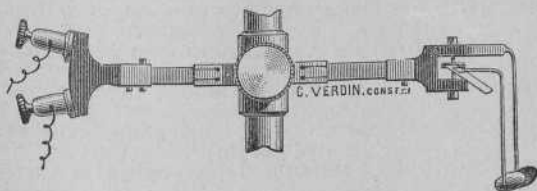


Figura 31.

Pinza miográfica de Marey para investigar los latidos del corazón de la rana.

¹ Die diagnostische Verwerthung des Herzstosses. — Berl. Klin. W., 1889.

Cambios normales en el foco del latido cardíaco.—

Gracias á la movilidad que goza el corazón, y á sus diversas relaciones con la pared torácica, según la edad, la actitud del cuerpo y los individuos, no siempre corresponde el latido al foco antes señalado. En los niños está más alto y por dentro de la tetilla izquierda; en los viejos más bajo que en el adulto.

La movilidad del corazón es menor hacia el lado derecho que al izquierdo; así es que, cuando el individuo está echado sobre el primero, se desvía de $1\frac{1}{2}$ á 3 centímetros á la derecha, mientras que, cuando adopta el decúbito izquierdo, la desviación puede ser hasta de 6 centímetros sobre el mismo lado. Al pasar de la posición horizontal á la vertical, el corazón se desvía á la derecha. Por último, en los individuos que tienen transposición de vísceras, el choque del corazón se percibe en el lado derecho.

Ruidos cardíacos. — Auscultando el pecho en el lado izquierdo á un individuo sano, percibe el observador dos ruidos que corresponden al corazón: uno profundo, sordo y prolongado, que coincide con el sístole ventricular; y otro superficial, breve y seco, que se debe á la oclusión de las válvulas sigmoideas. El primero puede compararse al ruido que se emite al pronunciar la sílaba *lubf*, y el segundo es un chasquido análogo á la pronunciación de *tap*: los dos están separados por un corto intervalo, y reaparecen después de una pausa que comprende el reposo del corazón y el sístole auricular.

Primer ruido. — Designaremos con este nombre el ruido de *lubf*, que tiene su foco de auscultación en el quinto espacio intercostal izquierdo. Este ruido se debe á la combinación de un sonido que el músculo produce al contraerse, con varios ruidos que se engendran por la tensión de las válvulas aurículo-ventriculares y de los tendones que en ellas se insertan. En último término, influyen en la génesis del primer ruido las colisiones entre el líquido y las válvulas.

El *primer ruido* cardíaco no coincide exactamente con el pulso.

Landois¹, que ha medido el intervalo entre su aparición y el pulso en la axilar, lo aprecia en 0^s,137, y será tanto mayor cuanto más se aleje del centro la arteria exploradora. Sin embargo, este lapso no se aprecia en la práctica, y de aquí que en muchos manuales se den como coincidentes el latido cardíaco, el ruido de *tubf* y el pulso.

Segundo ruido.— Tiene su foco de audición en el segundo espacio intercostal, y se le percibe como un chasquido breve y cercano. Su foco, su carácter y la ocasión en que aparece, indican claramente que se origina por la oclusión brusca de las válvulas sigmoideas, cuando la presión de la sangre en las arterias monta más que la del ventrículo.

Siendo dos las válvulas sigmoideas y cerrándose las aórticas antes que las pulmonares, parece natural que el segundo ruido se oyera doble; mas se percibe sencillo, porque el oído humano no aprecia tan corto intervalo como media entre uno y otro. En ciertas ocasiones, y sin llegar al estado patológico, puede oírse desdoblado el segundo ruido. Tal ocurre en la espiración forzada, á causa de que se aumenta la diferencia de presión entre los dos troncos arteriales, y, por tanto, el espacio que transcurre de la oclusión de la válvula aórtica á la de la pulmonar.

Ruidos arteriales.— Con un estetoscopio² se percibe con claridad en los grandes troncos arteriales, y especialmente en el origen de la aorta, un sonido que no debe confundirse con el segundo de los cardíacos, porque no tiene el carácter de chasquido y se produce después de la oclusión de las válvulas. Este sonido se debe á las vibraciones de la sangre por los cambios de presión que experimenta en las arterias de gran calibre, gracias á la intermitencia en los pistonazos ventriculares. El ruido arterial puede oírse en el individuo sano, y se exagera y aumenta de tono siempre que disminuye la densidad de la sangre.

¹ Landois, obra citada, pág. 91.

² Estetoscopio es un aparato destinado á facilitar la transmisión de los sonidos.

Trabajo del corazón.— El trabajo de un motor cualquiera es igual al trabajo de la resistencia más el trabajo útil; este último equivale en hidrodinámica á la velocidad, y la resistencia á la presión del líquido. En su consecuencia, el trabajo de los ventrículos será igual al peso de la sangre multiplicado por la presión en el origen de la aorta, pues esta presión representa la velocidad futura y las resistencias por vencer.

Volkman ha estimado en 188 gramos el peso de la sangre que lanza el ventrículo izquierdo en cada sístole. La presión de la sangre en la aorta se ha calculado en 0m,2 de mercurio, que equivalen próximamente á 2m,65 de sangre. Con estos datos podemos establecer el cálculo, como si se tratara de elevar el agua por una bomba de incendios y obtener el producto en kilográmetros.

0 k, 188 \times 2m,65 = sístole del ventrículo izquierdo.....	0 k, 498
Calculando la potencia del ventrículo derecho en $\frac{1}{3}$, dará para sístole.....	0 k, 166
Total para cada contracción cardíaca.	<u>0 k, 664</u>

Suponiendo que el corazón late 72 veces por minuto, resultará:

Para cada hora 0 k, 664 \times 72 \times 60 =	2.874 kilográmetros.
Para cada día 2.874 \times 24 =	68.976

Todo este trabajo se transforma en calor y produce: 68.976 : 425 = 162 calorías.

Cifras son estas que dan testimonio de la importancia de la bomba cardíaca.

Lección XXXII

Motores de la sangre (Conclusión).

Sumario: Bomba torácica. — Relaciones entre los ritmos respiratorios y circulatorios. — Efectos mecánicos de la inspiración sobre la circulación. — Efectos de la expiración. Resultante dinámica general. — Los músculos de los vasos son motores de la sangre. — Esquema de los motores de la sangre. — Los músculos estriados son motores de la sangre. — Recapitulación.

428 **Bomba torácica.** — La caja del pecho con los pulmones puede compararse á una bomba invertida, porque los cambios de presión, lejos de causarlos el émbolo, los produce la cavidad, que se dilata por la acción de los músculos inspiradores y se estrecha por la de los expiradores. Pero la inversión no supone cambio esencial en el juego; todo lo contrario, la bomba torácica aspira en la dilatación, y empuja cuando se retrae, ni más ni menos que una aspirante-impelente.

Las dos bombas, cardíaca y torácica, se influyen mutuamente, hasta el punto que sus ritmos guardan una relación muy estrecha. La primera actúa también como agente motor de la sangre, de menos importancia que el corazón, si consideramos la cantidad de fuerzas que pone en el movimiento; pero de mayores atribuciones, si se atiende á que el mismo músculo cardíaco radica en la cavidad torácica.

Por todas estas causas, en el estado fisiológico y en el morbooso son solidarias la función respiratoria y la circulación.

Relaciones entre los ritmos respiratorio y circulatorio. — Los movimientos respiratorios son á los del corazón

como 1 : 4; pero además la tensión y velocidad de la sangre varía en cada fase respiratoria ¹. Esta solidaridad entre los dos mecanismos reconoce doble causa: 1.^a, la recíproca influencia de los movimientos respiratorios y cardíacos; 2.^a, las acciones acompañadas y compensadoras que ejercen entre sí los tres centros bulbares que presiden respectivamente al corazón, *centro inhibitorio y acelerador*; á los músculos de las paredes vasculares, *centro vaso-motor*; y á los movimientos de inspiración y expiración, *centro respiratorio* ².

Prueba que las variaciones del ritmo circulatorio, coincidentes con los movimientos respiratorios, no dependen sólo de las interacciones mecánicas de vecindad que sumariamente he expuesto en el postulado anterior, el hecho de que persisten cuando aquéllas han cesado. Burdon Sanderson ³ lo ha demostrado experimentalmente con gráficas obtenidas de un perro á quien se le habían paralizado los movimientos respiratorios intoxicándolo con el curare. Para explicarse esta solidaridad en los ritmos, á pesar de la supresión de todo factor mecánico directo, hay que acudir al sistema nervioso, y justamente en la médula oblongada se alojan los centros que rigen á las dos funciones respiratoria y circulatoria.

Efectos mecánicos de la inspiración sobre la circulación.—La inspiración determina dos efectos principales: baja en la presión intratorácica, y ocasión para que la elasticidad de los pulmones se ostente con todo su poder. De estos dos efectos primordiales derivan los demás, y en conjunto, la inspiración puede considerarse como un gran diástole superpuesto al diástole cardíaco. En detalle, los efectos sobre la circulación merecen estudiarse por separado en la inspiración ordinaria y en la forzada.

La inspiración ordinaria disminuye resistencias al curso de la

1 Diez y ocho movimientos respiratorios y setenta y dos latidos por minuto, como término medio normal.

2 Véase más adelante, *Impulsos vaso-motores*.

3 Burdon Sanderson, *Manuel du Laboratoire de Physiologie*, traduit de l'anglais par Moquin. — Paris, 1884.

sangre; por tanto, aumenta la velocidad de la corriente y baja la presión arterial. La aceleración es, sobre todo, notable en las venas del gran círculo; el corazón se llena más pronto y acrece la frecuencia de sus latidos.

En la inspiración forzada el pecho juega como una gran ventosa, que atrae la sangre á su cavidad y opone un grave obstáculo á su carrera por el sistema arterial aórtico; más claro: favorece la corriente venosa y el círculo pulmonar cuanto estorba el flujo por la aorta. Se produce, pues, un desequilibrio entre los dos círculos: en el pulmonar se acumula la sangre y la presión crece, sin que la velocidad aumente; en el general la presión disminuye mucho, los latidos cardiacos se enrarecen, y la velocidad, aumentada al principio, acaba también por decrecer.

Efectos de la expiración. — Se derivan de dos principales: el aumento de la presión intratorácica y la satisfacción en parte de la tendencia elástica de los pulmones. Por entrambas causas puede considerarse al tórax estrechado como una bomba impelente que une su potencia impulsiva á la de los ventrículos; es decir, la expiración es un sístole coadyuvante al cardíaco.

Por la expiración ordinaria aumenta la presión de la sangre en el círculo general, decrece el ritmo del corazón, se retarda el flujo venoso á la aurícula derecha y baja la presión en el círculo menor.

En la forzada, la presión intratorácica es tan enorme, que se opone á la dilatación de las cavidades cardíacas; por eso se llenan tarde y mal. La sangre no puede verterse en el corazón derecho; se atasca en las venas, y este obstáculo llega bien pronto á los capilares é implica nueva resistencia á la corriente arterial. Pero el exceso de presión, que se opone al diástole cardíaco, favorece el sístole de los ventrículos, y de todo ello resulta extraordinario crecimiento en la presión del círculo mayor (aumento de la potencia y de las resistencias); entretanto, el pulmonar queda casi exangüe.

Resultante dinámica general sobre la circulación.—

Del análisis que precede se deduce que la bomba torácica es un motor de la sangre, y que la resultante genérica de sus dos tiempos arroja: para la inspiración, decrecimiento de las resistencias, que equivale á aceleración de la corriente y baja en la presión arterial; y para la expiración, aumento de potencial, demostrable con el manómetro. Á estos efectos se combinan los que sobre la circulación periférica producen el sístole y diástole vascular, y de todos ellos resulta el mayor éxito y aprovechamiento de la función circulatoria. El sistema nervioso, que corona este admirable concierto, establece un juego compensador, en cuya virtud, cada diástole torácica (inspiración) engendra una corriente motora que hace contraer los músculos de los vasos (sístole vascular) y contrarresta, en cierto límite, los efectos deprimentes de la inspiración sobre la tensión arterial; y, por el contrario, el sístole torácico (expiración) conviene con una corriente inhibitoria nerviosa, que paraliza los vasos y favorece su dilatación (diástole vascular).

pasos

Los músculos de la ~~sangre~~ son motores de ~~los va~~

Sangre **los.** — Las fibras musculares de los vasos gozan de dos clases de contracción: una tónica, subordinada directamente á los ganglios del gran simpático; otra intermitente, peristáltica y más poderosa, que parece depender del sistema nervioso central. Entrambas estrechan al vaso y obran á manera de sístole sobre la sangre; ésta á su vez lo dilata cuando la contracción cesa, y produce el diástole.

Las contracciones rítmicas de los vasos comienzan á manifestarse en aquellas arterias que por su alejamiento del corazón reciben la sangre en curso casi constante, y tienen por objeto impulsarla hacia los capilares: son unos pequeños corazones suplementarios que prestan nueva energía al líquido cuando más la necesita para vencer las resistencias capilares. Para que el aprove-

chamiento de los sístoles vasculares sea todo lo completo que exige la economía, alternan con las oleadas que envía el corazón, de tal suerte, que cuando la onda llega se dilata el vaso por elástico, y se estrecha por contráctil después que pasó.

Si por arte de la imaginación reuniéramos en un solo haz todas las fibras musculares de los vasos y las células contráctiles de los capilares, podríamos fácilmente construir un corazón periférico, cuyo juego alternara con la bomba cardíaca. Así nos resultaría un esquema que, en su más simple expresión, podríamos fabricar uniendo dos peras de cautchuc con un tubo de la misma materia; y así nos resultaría un aparato parecido á las ampollas conjugadas que usa Franck para analizar las presiones intracardiacas. Suponiendo lleno de líquido este imaginario artefacto, es evidente que, cuando comprimiéramos con la mano una de las ampollas, el tubo y la ampolla opuesta se dilatarían para recibir el líquido que nosotros hubiéramos desalojado; por el contrario: una vez que cesara la presión, el tubo y la ampolla reaccionarían por elasticidad y todo volvería al estado primitivo. Con llamar sístoles á las contracciones de las ampollas y diástoles sus dilataciones, estamos en el caso real de la circulación. El sístole ventricular envía una onda de líquido que dilata el sistema, especialmente en su parte arterial (diástole periférico); mas cuando los ventrículos descansan, los vasos se contraen (sístole) y empujan la sangre en la dirección de la corriente, porque hacia atrás es imposible, gracias á las válvulas sigmoideas. El sístole arterial no merece este nombre en las arterias gruesas, porque su estrechamiento es debido á reacción elástica; pero es una verdadera contracción rítmica en las arterias de mediano y pequeño calibre.

Los músculos estriados son motores de la sangre.—

Los músculos voluntarios, al entrar en actividad, solicitan y obtienen del sistema nervioso ¹ una enorme dilatación de sus vasos; esta dilatación supone decrecimiento en las resistencias, de donde se sigue baja en la tensión arterial. Para compensar este efecto deprimente, el corazón acelera su ritmo y logra restablecer el

¹ Los vasos son dilatados por la fuerza centrífuga de la sangre; pero los nervios procuran este efecto en cuanto inhiben el tono de sus paredes.

equilibrio y aun aumentar la presión, cuando la actividad muscular no está muy generalizada, como sucede en los movimientos localizados; pero cuando el ejercicio muscular es muy intenso y extenso, la presión en las arterias baja, á pesar de los esfuerzos cardíacos. Resulta de todo ello que se quintuplica la cantidad de sangre que atraviesa un músculo activo, en relación á la misma en un músculo en reposo, siempre en la unidad del tiempo.

Empero los músculos reaccionan sobre la masa líquida que los riega, y determinan por su contracción un impulso motor análogo al sístole cardíaco (sístole muscular), así como por su relajación aspiran la sangre en verdadero diástole. De estas alternativas de sístole y diástole muscular surge un movimiento ondulatorio en la sangre de la arteria y venas correspondientes, rítmico con las sacudidas del músculo, y que merece el nombre de *pulso de contracción*.

La aceleración del ritmo cardíaco por efecto del ejercicio violento es un hecho de observación diaria; asimismo no se oculta á médicos y enfermos el favor que recibe la circulación por la actividad moderada de los músculos, pero á los trabajos del eminente Chauveau y de su discípulo Kaufmann ¹ debemos el análisis experimental y completo de las modificaciones circulatorias en los músculos activos.

Los experimentos se realizaron sobre el caballo, en la Escuela de Veterinaria de Alfort: para investigar los efectos de la contracción sobre el círculo local, eligió Kaufmann el músculo masétero, que el animal mueve fisiológicamente en la masticación; y para analizar las modificaciones generales que se establecen en la circulación á causa de los movimientos extensos ideó un mecanismo tal, que el caballo movía sus cuatro remos sin separarse un palmo del lugar de la experiencia. Los resultados han sido consignados en gráficas que acompañan á los recomendables trabajos del conspicuo experimentador.

En cuanto se inicia la actividad fisiológica del masétero, actividad que

¹ Mr. M. Kaufmann, *Recherches exp. sur la circulation dans les muscles en activité physiologique*. — Idem, *Influence des mouvements musculaires physiologiques sur la circulation artérielle et cardiaque*. — *Archives de Physiologie*, 1892. Chauveau Kaufmann, *Notes à l'Académie*, 1886, 87 y 88.

se despierta ofreciendo avena al caballo, comienza la dilatación vascular en las redes que nutren al músculo, y se mantiene durante todo el experimento, no obstante las alternativas de contracción y reposo. Si en tal sazón se abre la vena, la sangre corre en abundancia en chorro continuo, pero con sacudidas isócronas con las contracciones del músculo. Un manómetro colocado en la vena y otro en la arteria, señalan las respectivas presiones, muy superior en la vena respecto de la arteria, y demuestran que las sacudidas de contracción se extiende también á esta última. El músculo al contraerse obra como el ventrículo y lanza la oleada de sangre en las dos direcciones: en la venosa no encuentra dificultad la propagación, porque coincide con el curso normal de la sangre; hacia atrás, limita el reflujo la presión de la arteria; por eso son más enérgicas las sacudidas en la vena.

Otro manómetro en la carótida enseña que la presión media se eleva, porque los latidos cardíacos menudean y son más enérgicos.

Si los movimientos son extensos, caso que ocurre cuando el caballo mueve los cuatro miembros, los fenómenos son idénticos para la circulación de cada músculo; pero los generales varían, porque la presión en la carótida baja, á pesar de redoblar el corazón sus sístoles. El área de dilatación vascular es tan extensa, que todos los esfuerzos del corazón resultan impotentes para restablecer la normalidad del círculo.

Chauveau ha medido la proporción de sangre que atraviesa un músculo en sus dos estados, y saca de sus experiencias que, en reposo, la cantidad de sangre equivale á 0,175 del peso del músculo en un minuto; y en actividad, se eleva á 0,850 en la misma unidad de tiempo. Agréguese á estos datos que el sistema de los músculos representa en el hombre el 41 por 100 del peso de su cuerpo, y considérese, en definitiva, cuánto monta el beneficio que á la circulación de la sangre aporta el sístole muscular.

Recapitulacion. — La sangre circula en el aparato vascular á beneficio de una diferencia de presión entre dos puntos del sistema, y siempre en el sentido de la menor resistencia.

La mayor presión se produce por la *contracción sistólica* de la fibra muscular. Según la disposición y el lugar de los aparatos musculares, hemos estudiado cuatro sístoles, que, en orden de importancia, son:

1.º El sístole ventricular, por las fibras musculares del corazón.

2.º El sístole torácico, por el juego de los músculos respiratorios.

3.º El sístole vascular, por los elementos contráctiles de los vasos.

4.º El sístole muscular, por la contracción de los músculos voluntarios.

Las menores resistencias que dirimen el sentido de la corriente se producen por *aspiración ó diástole*, y tienen lugar:

1.º En las aurículas y ventrículos, por elasticidad de sus paredes y aspiración torácica.

2.º En los vasos gruesos por elasticidad.

3.º En los vasos de los músculos en actividad, por inhibición nerviosa.

Se oponen al reflujo:

1.º Las válvulas aurículo-ventriculares.

2.º Las sigmoideas.

3.º Las vénosas.

Leccción XXXIII

Análisis de la circulación de la sangre.

Sumario: Circulación en las arterias.—Presión media.—Presión en la arteria pulmonar.—Presión máxima en los sistoles.—Técnica.—Hemodinamómetros.—Velocidad de la sangre en las arterias.—Técnica.—Hemodromómetro, hemotacómetro y hemodromógrafo.—Circulación en las venas.—Presión y velocidad.—Circulación en los capilares.—Presión y velocidad.—Tiempo en que se verifica la revolución circulatoria.

229 **Circulación en las arterias.**—La corriente arterial lleva los elementos de nutrición á todos los tejidos; es brava de presión y la más veloz de todo el círculo. Ya he dicho en otro lugar ¹, que la presión y la velocidad decrecen en las arterias desde el corazón á los capilares.

La presión en las arterias sufre oscilaciones rítmicas, á causa de la contracción de los ventrículos y de la espiración (*sistoles ventricular y torácico*); de donde se deduce que habrá una presión media, otra máxima y otra mínima.

Presión media de la sangre en las arterias.—Se obtiene, como su título indica, del término medio de las oscilaciones, y se mide en milímetros de mercurio. Si las cifras de la columna mercurial quieren transportarse al peso del agua ó de la sangre, no hay más que multiplicarlas por 13 y 13,5 respectivamente. Todas las cifras que siguen se refieren á la presión media.

¹ Véanse las *Condiciones mecánicas del sistema*, lección XXX.

La presión de la sangre es proporcional á la potencia y á las resistencias, y estas últimas á la cantidad de sangre y á la longitud de los vasos, y se halla en razón inversa de los diámetros de los mismos; de todo lo cual resulta que la presión aumentará:

- 1.º Con la potencia sistólica del corazón. (*Energía y frecuencia.*)
- 2.º Con el crecimiento de la masa de la sangre.
- 3.º Con la estrechez de los conductos vasculares. (*Contracción vascular.*)

El aumento de presión que se deduce de la tercera condición no puede ser universal, sino relativo á la parte del círculo, situada detrás del estrechamiento, ó en las regiones colaterales del territorio estrechado. Así, por ejemplo, si comprimimos la aorta abdominal, la presión crece en la torácica y sus ramas; y si, por efectos del frío, se contraen los vasos de la piel, aumentará la presión en los troncos arteriales y en los vasos internos ¹.

La presión disminuye en los casos opuestos, que no hay para qué analizar.

La presión de la sangre se deduce, para el sistema arterial del hombre, por cálculos, sobre los datos que aportan las vivisecciones; por medios indirectos, y algunas veces directamente en los casos de amputación, según se verá en la parte técnica. He aquí las cifras:

Arteria aorta, 160 mm. de mercurio, por cálculo sobre experiencias en animales.

Idem carótida, de 140 á 160 por id. id.

Idem tibial, de 100 á 160, por observación directa de Albert en un caso de amputación.

Idem humeral, de 110 á 120. Observación de Faivre en otra amputación.

Idem radial, de 155 á 165. Experiencia de Basch por su método manométrico.

Descontando de las anteriores cifras las que se refieren á los casos de amputación, que recaían indudablemente en sujetos muy debilitados,

1 Cuando el estrechamiento de los tubos comprende una región extensa, aunque el aumento de presión no es *universal* en el rigor de este adjetivo, es bastante á elevar la presión media de la sangre, y por esto no se hace salvedad alguna en el lenguaje técnico.

tenemos, como cifra media de la presión de la sangre en los troncos arteriales, 15 centímetros de mercurio. Esta presión no decrece notablemente hasta las divisiones finas del árbol arterial.

Presión en la arteria pulmonar. — Por la razón combinada de ser menor la fuerza impelente del ventrículo derecho y menores también las resistencias, puesto que el trayecto que ha de recorrer la sangre es más corto (*círculo menor*), la presión de la sangre en la arteria pulmonar se calcula en un tercio de la que corresponde á la aorta.

Presión máxima en los sistoles. La presión arterial se eleva inmediatamente después del sistole y por la expiración, según demuestran el pulso y el manómetro. En este último se ve oscilar la columna de mercurio de un modo rítmico, y el tra-

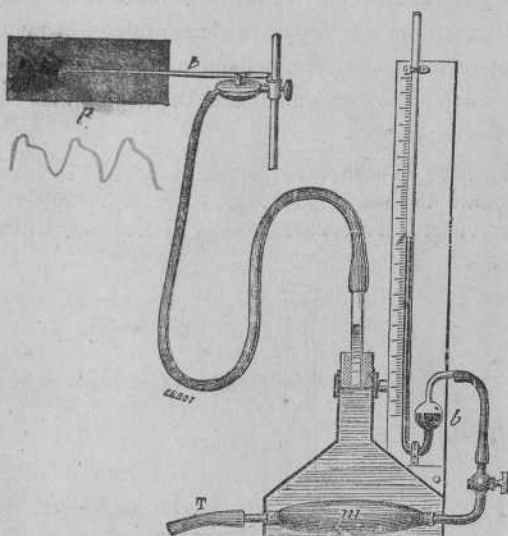


Figura 32.

Manómetro escribiente de Marey¹.

¹ Por el tubo *T* entra la sangre en el aparato; en *m*, la presión de la sangre se transmite al líquido, y de éste por el aire al tambor escribiente; en *b*, comunica la sangre con el manómetro que marca la presión; y, en *p*, la palanca del tambor traza las curvas de las oscilaciones de presión sobre el papel ahumado.

zado gráfico enseña los acrecimientos de presión que corresponden á los sístoles cardíaco y respiratorio.

Albert, en el caso de amputación antes citado, pudo observar que á cada pulsación el mercurio se elevaba de 17 á 20 mm., y por los golpes de tos (expiración enérgica), de 20 á 30. Evidentemente estas cifras son algo exageradas, y lo atribuyo á la inercia del mercurio, puesto en movimiento por las oscilaciones anteriores.

Técnica. — Para medir la presión de la sangre en las arterias del hombre, objeto de nuestro estudio, acudiremos al medio indirecto de cargar de peso el esfigmógrafo, aparato de que luego hablaremos, hasta que la pulsación deje de notarse. El peso es proporcional á la fuerza sistólica de la arteria, ó sea á la presión; pero hay que descontar la que se necesita para aplastar las paredes del vaso y la resistencia de los tejidos ambientes.

En los animales se mide la presión de la sangre con un manómetro de mercurio, una de cuyas ramas se pone en comunicación con el vaso, á favor de un tubo en *T* (figura 33): las ramas horizontales se introducen en ambas direcciones de la arteria, y la vertical se enchufa con el manómetro. Para evitar la coagulación de la sangre, se llena la rama vascular del manómetro y el tubo de comunicación con una disolución alcalina. He aquí la fórmula que aconseja Beaunis:

Bicarbonato de sosa.....	186 gramos.
Carbonato de sosa.....	286 »
Agua.....	4 litros.

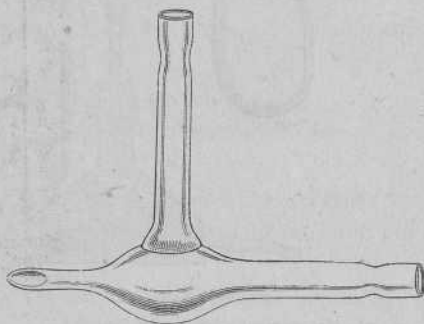


Figura 33.

Cánula arterial de Franck ¹.

1 La figura 33 muestra la cánula inventada por Franck á este objeto: es de cristal y aplicable á los perros.

La presión de este líquido en el manómetro debe ser igual próximamente á la que se calcule en el animal sujeto á la experiencia. Generalmente se usa de los perros, por ser más fáciles de adquirir, y en ellos, cuando son grandes, la presión oscila de 13 á 16 centímetros de mercurio.

Muchos son los aparatos que se han propuesto para medir la presión de la sangre, desde que á Poisseulle ocurrió servirse del manómetro de mercurio.

De ellos merecen citarse el manómetro metálico del Profesor Marey (*figura 32*), que, entre otras, tiene la ventaja de ponerse en comunicación con un tambor escribiente, para obtener gráficas de presión; y el modelo inglés, que va representado en la *figura 34*, y que, como puede observarse, lleva tubo de comunicación y soporte.

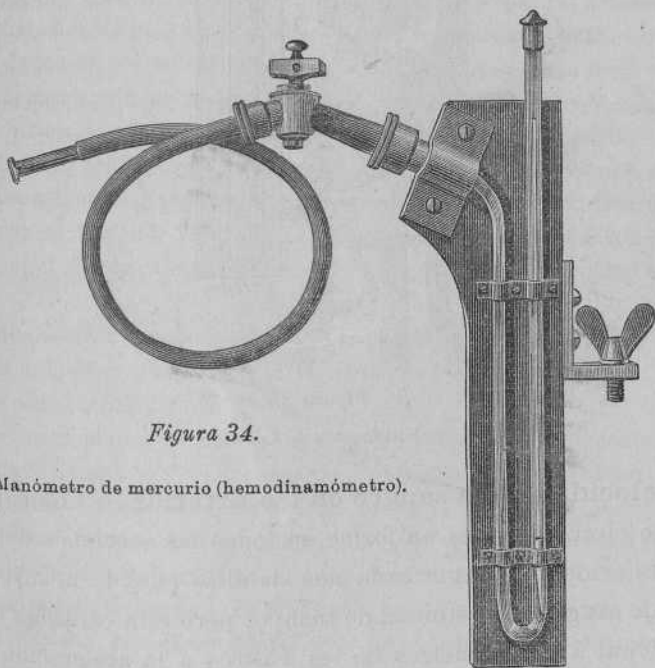


Figura 34.

Manómetro de mercurio (hemodinamómetro).

Ludwig tuvo la feliz idea de transmitir las oscilaciones del mercurio en la rama barométrica del manómetro á un aparato que las escribiera en forma de curvas sobre el papel ahumado del polígrafo; al efecto inventó colocar sobre el mercurio un flotador, en el cual se monta una varilla que en el otro extremo libre lleva un punzón escribiente. Este aparato, utili-

simo á las investigaciones fisiológicas, se llama kismógrafo, y ha sufrido multitud de adiciones y composturas. La figura 35 representa el kismógrafo de Ludwig tal como lo construye Verdin.

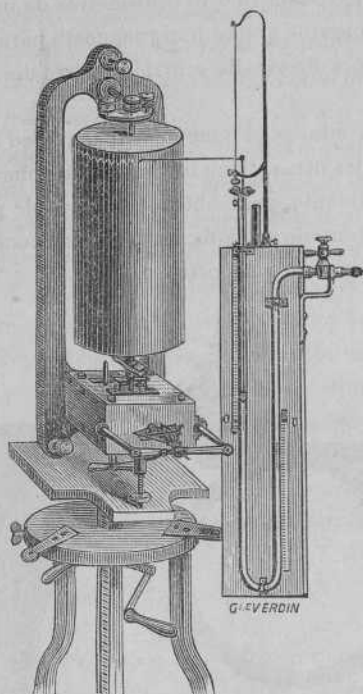


Figura 35.

Kismógrafo de Ludwig.

Velocidad de la sangre en las arterias. — Como la corriente circulatoria es uniforme en todas las secciones del sistema, es evidente que por cada una de ellas pasa la misma cantidad de sangre en la unidad de tiempo; pero esta cantidad es proporcional á los diámetros de los vasos y á la aceleración de la sangre; de donde se deduce que, para ser constante, ha de variar la velocidad en razón inversa del calibre de los tubos. Así es, en efecto, y la experimentación demuestra que la velocidad de la sangre decrece constantemente desde el corazón á los capilares, á medida que el sistema arterial va ensanchándose.

La velocidad de la sangre es el verdadero trabajo útil de la circulación, y ganará siempre que crezca el trabajo motor ó disminuya el de las resistencias. Cuando la relación entre la potencia y las resistencias no varía ¹, la velocidad tampoco cambia, y de aquí que permanezca la misma, cualquiera que sea el valor de la presión media.

Como la presión, la velocidad tiene su cifra media y su máxima; esta última se manifiesta rítmicamente en los troncos arteriales, coincidiendo con la algidez del sístole ventricular y con la expiración, en ambos casos por aumento absoluto de la potencia motora. En la finas ramificaciones arteriales pierden su influencia aceleradora los dos sístoles mencionados, y en cambio aparece la del diástole muscular, y la de los sístoles de contracción de los músculos vasculares y estriados. Durante las pausas de reposo en los músculos estriados disminuye en absoluto la resistencia, por la dilatación de los vasos; y mientras, la contracción sistólica de los vasos y de los dichos músculos crece en absoluto el poder motor.

Desgraciadamente no tenemos medios para averiguar la velocidad de la corriente en las arterias del hombre. En la carótida del caballo se ha calculado en 30 centímetros por segundo, y para el perro en 26 centímetros en el mismo tiempo. Entre estas cifras debe estar la velocidad del círculo arterial en el hombre. Vierordt ha apreciado en $\frac{1}{3}$ la aceleración de la sangre por el sístole cardíaco, relativamente á la misma velocidad en el diástole.

Técnica. — Sólo tiene importancia para el laboratorio, porque no es aplicable al hombre. Para medir la velocidad de la sangre se acude á uno de estos dos procedimientos:

1.º Se intercepta en el sistema un tubo de calibre y longitud conocidas y se mide el tiempo que la sangre tarda en atravesarlo. En él se funda el aparato llamado *hemodromómetro de Volkmann* y el *contador de Ludwig*. El primero consiste en un tubo metálico corto, que se termina por dos cánulas, destinadas á introducirse en el vaso: á este tubo viene á adaptarse otro de cristal en forma de *u*, de tal suerte, que el metálico cierra el arco ó curva descrita por el de cristal: dos llaves permiten interceptar la corriente ó dirigirla por el tubo en *u* en la dirección que convenga. Para hacer funcionar el hemodromómetro, se llena de una disolución alcalina igual á la que se usa para impedir la coagulación de la sangre en el manómetro, y luego se introducen las cánulas en el vaso y se hacen jugar

¹ Aumento ó disminución equivalente en ambos factores potencia y resistencia.

las llaves. El color de la sangre permite seguir su carrera y calcular la velocidad con un cronómetro. Este aparato es infiel, por ser difícil que el diámetro del tubo sea igual al del vaso; y aun esto dado, se introduce una nueva resistencia, el paso del líquido ocupante, que disminuya la velocidad.

2.º Se funda en la aplicación del péndulo hidrodinámico, y dió lugar al *hemotacómetro* de Vierordt, ventajosamente modificado después por Chauveau y Lortet. Este aparato (figura 36) consiste en un tubo destinado á enchufarse por los dos extremos en el vaso: dicho tubo es discontinuo y está cerrado en su parte descubierta (porción media) por una membrana de cautchuc, á través de la cual se introduce perpendicularmente una delgadísima palanca. La sangre choca y hace desviar la parte interna de la palanca (brazo corto) y las desviaciones se marcan por la externa (brazo largo) sobre un arco de círculo. El valor de cada división del arco se calcula previa y experimentalmente.

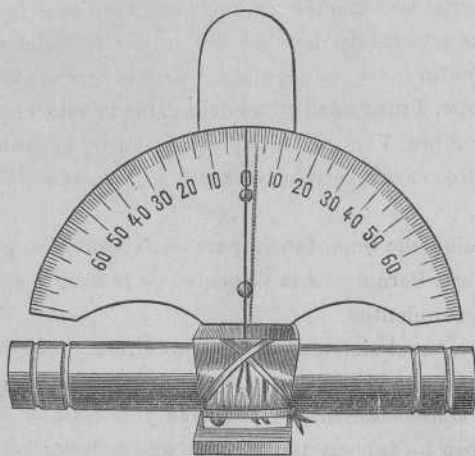


Figura 36.

Hemotacómetro de Chauveau y Lortet.

Como una variante de este segundo procedimiento debo considerar la invención del hemodromógrafo de Chauveau (figura 37), aparato que, como su nombre indica, sirve para obtener gráficas de la velocidad de la sangre. Consta de una paleta que, como el péndulo del hemotacómetro, sufre el choque del líquido, y este movimiento se transmite á un tambor escribiente; á este fin la paleta se termina hacia abajo por una larga aguja, la

cual va a insertarse por el otro extremo en la membrana del tambor, después de haber atravesado otra que cierra por abajo el aparato. Un esfigmómetro colocado en la parte superior sirve para graduar la presión.

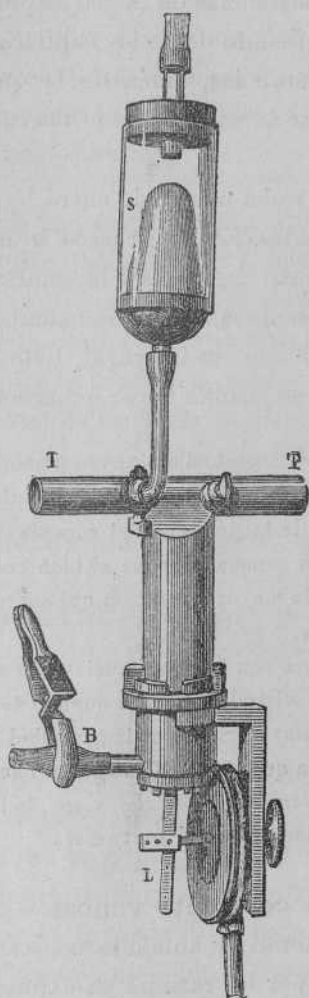


Figura 37.

Hemodromógrafo de Chauveau¹.

¹ T, T, tubo que recorre la sangre y en cuyo interior se encuentra la paleta, que no se ve. L, aguja en que se termina la paleta y que va á insertarse en el tambor receptor. S, esfigmómetro.

Circulación en las venas. Presión. — La presión en las venas es mucho menor que en las arterias, porque casi toda la fuerza viva que desarrollaron los sistoles se ha transformado en calor al vencer las resistencias de la red capilar. De otra parte, dicha fuerza se va agotando desde los capilares al corazón, en el recorrido de estas distancias, amén de la que se convierte en velocidad por caminar la sangre desde mayor á menor calibre en las venas.

La presión venosa se ha calculado entre $\frac{1}{10}$ y $\frac{1}{20}$ de la de las arterias correspondientes. En los gruesos troncos venosos cercanos al corazón es negativa, gracias á la aspiración de los diástoles cardíaco y torácico. Jacobson la ha calculado en 3 mm. en la vena humeral y en 11 mm. en la crural, todo ello en el carnero, que en el hombre no es posible hacer experiencias.

La presión venosa crece cuando disminuyen en absoluto las resistencias capilares, como ocurre en la actividad de los músculos y glándulas ¹.

El aumento absoluto de la potencia del corazón no produce aumento correlativo de la presión venosa; porque si bien crece la *vis à tergo*, este efecto se compensa con la mayor aspiración que sobre la sangre de retorno ejerce la bomba cardíaca.

La presión venosa crece con las resistencias que se oponen al curso de esta corriente, y, en su virtud, aumenta cuando lo hace la cantidad de líquido; en los vasos desfavorecidos por la gravedad (*venas de los miembros inferiores*); por el retardo que sufre el desagüe á causa de la *presión positiva expiratoria*, ó por *obstáculos accidentales*, v. gr., la ligadura de un miembro y la compresión de las venas por un tumor.

Velocidad de la corriente venosa. — Es muy inferior á la de la corriente arterial, y aumenta constantemente desde los capilares al corazón, por las razones ya expuestas al tratar de la

1 Los músculos, las glándulas, y en general todos los tejidos, obtienen durante la algidez de sus funciones un exceso de riego sanguíneo, mediante la dilatación de los vasos. Para apreciar en su justo valor esta hiperhemia funcional, sinteticense los datos que he suministrado al tratar de la *vis à fronte* (lección XXIV) y del diástole de los músculos (lección XXXIII).

velocidad en las arterias. Por las mismas se comprende que la aceleración de la sangre en las cavas nunca igualará á la de la aorta, porque el calibre total de las primeras es mayor que el de la última.

La corriente venosa se acelera extraordinariamente por los diástoles respiratorios (inspiración), cardíacos, vasculares y musculares, porque, en todos ellos, la dilatación supone mengua de las resistencias, ó sea aspiración.

Circulación en los capilares. — La menos aparatosa por sus condiciones hidrodinámicas, es la más interesante para el fisiólogo, ya que en los capilares se verifica el gran comercio entre la sangre y los tejidos. La corriente se embalsa en esta parte del círculo, en razón de la extraordinaria anchura que arroja el calibre total de los vasos capilares, y al mismo tiempo su situación intermedia entre el ventrículo, punto de partida, y la aurícula, término de la carrera, les hace gozar de una presión media, muy favorable á los cambios de la nutrición.

Presión y velocidad. — Son muy imperfectos nuestros conocimientos sobre el valor de ambos factores, pues la pequeñez de los conductos se opone á la experimentación. Sin embargo, la velocidad ha podido calcularse por Vierordt en los capilares de su propia retina, á favor de los fenómenos entópticos, y oscila entre 0^m, 5 á 0^m, 8 por segundo. Es posible que en las mismas condiciones generales haya mucha diferencia en la velocidad de las diferentes redes, y desde luego se asigna mayor aceleración para las pulmonares; fúndase esta sospecha en que, como su número es menos considerable que el correspondiente al círculo aórtico, para que en la unidad de tiempo pase la misma cantidad de sangre es preciso que la velocidad aumente.

La presión no la conocemos experimentalmente, pese á los esfuerzos de Knies, Marey y otros, y es preciso contentarse con inducir que es interme-

dia entre la máxima arterial y la mínima venosa. Debe crecer siempre que lo hagan á la par las presiones en las arterias y en las venas, en las dilataciones de los vasos (*diástole capilar*) y cuando algún obstáculo se oponga á la corriente de reflujo.

Para terminar lo que se refiere á la circulación de los capilares, me parece oportuna la inserción de las siguientes fórmulas, obtenidas por Poisseulle, experimentando con un aparato esquemático de su invención.

$$1.^a \quad V = K \frac{P d^2}{l}$$

$$2.^a \quad C = K \frac{P d^4}{l}$$

La primera se traduce así: La velocidad (V) de la corriente en los capilares es proporcional á la presión (P), al cuadrado de los diámetros de los tubos (d^2), y está en razón inversa de la longitud (l) de los mismos. K es una constante que se refiere á la influencia de la temperatura, densidad y viscosidad del líquido.

La segunda se lee: La cantidad de líquido que circula por los tubos capilares es proporcional á la presión, á la cuarta potencia de los diámetros de los tubos, y está en razón inversa de la longitud. K tiene el mismo valor. Obsérvese, para alivio de la memoria, que las dos fórmulas se diferencian únicamente en d^2 y d^4 .

Tiempo en que se verifica la revolución circulatoria.—Se entiende por revolución circulatoria el recorrido total del sistema, comprendiendo ambos círculos. El tiempo que se emplea en la revolución circulatoria ha sido calculado hace muchos años por Hering y Cl. Bernard, y más modernamente por Vierordt y L. Hermann: el dato para estos cálculos lo suministra el tiempo que tarda en aparecer en la vena yugular derecha un cuerpo que se inyecte por la izquierda. Á este fin se propuso el ferrocianuro potásico, sal fácilmente denunciabile por otra férrica, con la cual da el azul de Prusia; pero visto que aquella substancia era un tóxico que aceleraba el ritmo del corazón, la cambió Hermann por el ferrocianuro de sodio ¹.

1 Cl. Bernard. (*Leçons de Physiologie opératoire*), empleaba la estricnina calculando el intervalo entre la inyección de esta substancia en la yugular y los efectos del envenenamiento. Este intervalo resultó igual á 21 segundos, y comprende el tiempo que tardó la estricnina en llegar al sistema nervioso.

La técnica es bien sencilla: consiste en fijar exactamente el momento de la inyección y el de la aparición de la substancia inyectada en la vena del lado opuesto; Hering recogía la sangre para analizarla de cinco en cinco segundos, y obtenía la cifra con un error máximo de este intervalo; pero Vierordt lo ha rebajado á medio segundo, gracias á recibir la sangre en dos recipientes que alternan, por ser sometidos á la rotación de un disco que gira con movimiento uniforme.

El tiempo de la revolución circulatoria varía según la velocidad de la corriente, y en igualdad de condiciones con el espacio recorrido; así, por ejemplo, tardará más tiempo en cumplirse una revolución cuyo extremo esté en el pie, que si lo está en la cabeza. Como la velocidad del círculo está en relación con el número de pulsaciones, debe haberla, y Vierordt la ha demostrado, entre el tiempo de la revolución y el pulso. Según este autor, una revolución circulatoria comprende el tiempo de 27 pulsaciones, de lo cual se deduce para el hombre la cifra de veintitrés segundos. Multiplicando ahora la cantidad de sangre que lanza el ventrículo en cada sistole por 27, número que representa el paso de todo el líquido por el corazón, obtendremos la suma de sangre que posee el hombre, y por cierto que ésta es equivalente á la que calculamos por otros procedimientos ¹:

$$188 \times 27 = 5.076 \text{ gramos, cantidad total de sangre.}$$

1 Véase la lección XXVI, *Cantidad de sangre*.

Lección XXXIV.

Análisis de la circulación (Conclusión).

Sumario: Pulso arterial. — Teoría del pulso. — Análisis de una pulsación. — Diástole y sístole. — Curvas secundarias ó catácroas. — Caracteres del pulso. — Ritmo. — Velocidad. — Amplitud. — Fuerza. — Esfigmógrafos. — Técnica. — Pulso venoso. — Teoría del pulso venoso. — Distribución de la sangre por los diversos órganos del cuerpo. — Pletismografía.

430 **Pulso arterial.** — Aplicando los dedos sobre una arteria superficial, así como la carótida, la pedia, la radial, etc., se nota al tacto un choque *que parece isócrono* con el latido cardíaco. Este choque, conocido de todos con el nombre de pulso, se debe á la dilatación pasiva ó diástole de la arteria por impulsos de la onda de sangre que envía el ventrículo, y para convencernos de ello basta herir una arteria en un animal vivo; entonces la sangre salta en chorro continuo, pero rítmicamente agrandado por oleadas intermitentes. Ahora bien: como la velocidad media de la sangre no varía, quiere decir que, si alternativamente el chorro produce mayor hemorragia, es porque el vaso gana *alternativamente de calibre* ¹.

El número de pulsaciones es igual al de sístoles ventriculares.

Teoría del pulso. — Al descargar su contenido el ventrículo izquierdo en el sistema aórtico, se producen en la sangre dos

1 La cantidad de sangre que se vierte por un vaso seccionado es proporcional á su calibre y á la velocidad de la corriente. (Véase *Velocidad en las arterias*, lección, XXXIII.)

clases de movimientos, que se propagan hacia la periferia: uno de progresión, cuya velocidad va decreciendo á medida que se ensancha el sistema, y otro ondulatorio, velocísimo, cuya amplitud también se apaga en las últimas ramificaciones arteriales. Este último debe su origen á la doble condición de ser elásticos los tubos é intermitentes las contracciones cardíacas, y es la causa próxima del pulso; su velocidad equivale á 8^m, 91 por segundo, término medio ¹; gracias á esta rapidez parecen isócronos los latidos del corazón y los arteriales, cuando, en verdad, hay dos retardos: uno relativo á la distancia recorrida, y otro que vale el tiempo que media entre el choque sistólico y el vaciamiento del ventrículo ². Dichos retardos importan en la radial 0",074 (Landois).

Cometeríamos un grosero error si confundiéramos el movimiento corriente de la sangre con el vibratorio que se engendra en el vértice del cono arterial, pues el primero adelanta 30 centímetros por segundo, como máximo, y la onda arterial marcha con una velocidad *treinta veces mayor*. El movimiento vibratorio de los líquidos tiene lugar siempre que se turban bruscamente sus condiciones hidrostáticas ó hidrodinámicas; así, por ejemplo, si sobre la masa de agua que corre mansamente por un río arrojamus una piedra, veremos producirse, á partir del punto herido, una serie de ondas que van creciendo de radio á medida que se alejan, y disminuyen de altura, y cuyas velocidades son muy superiores á la de la corriente del río. En el ejemplo propuesto notaríamos que las ondas producidas por el choque de la piedra eran alternas: unas forman relieve y son *positivas*, otras son entrantes ó *negativas*; pero si menudearan los choques, llegaría un momento en que las ondas positivas se sucedieran con tal rapidez, que no dieran lugar á formarse las negativas, y entonces las moléculas líquidas correrían en la dirección del curso del río, animadas de dos movimientos: uno progresivo lento, y otro vibratorio acelerado. Exactamente lo mismo que sucede en las arterias, objeto de nuestro tema.

La sangre lanzada por el ventrículo, hemos dicho que se abre paso en

¹ 8^m,43 en las arterias del miembro superior y 9^m,40 en las del inferior (Landois).

² Véase la lección XXXI, *Latido cardíaco*.

la aorta á viva fuerza, empujando hacia la periferia la que ocupaba la cavidad y dilatando el vaso, ó, traducido al lenguaje que nos conviene en este momento, engendrando un movimiento progresivo (empuje) y una onda positiva (dilatación ó diástole de la aorta). Esta onda positiva, llamada primaria, se origina, según he dicho, por la doble condición de ser elástico el vaso é intermitente el impulso: si el vaso fuera rígido é inextensible, la onda positiva tendría una longitud infinita, y en cambio su altura sería igual á cero; ó lo que es lo mismo, en semejante caso no habría ondas y todo el movimiento sería progresivo. Si el impulso fuera continuo, el sistema daría de sí todo lo que permitiera su elasticidad, y una vez llegado al límite de ésta, se comportaría como un tubo rígido y tampoco se producirían ondas. En suma: la generación del movimiento ondulatorio está subordinada á la intermitencia de los sístoles y á la elasticidad de las arterias.

La aorta se dilata pasivamente solicitada por el empuje centrífugo de la sangre, y por esto dicha dilatación merece el nombre de *diástole*; pero en cuanto el ventrículo cesa de empujar, el vaso, por reacción elástica, se estrecha hasta recobrar su calibre primero, y á este estrechamiento activo se le llama *sístole*.

Al producirse el sístole arterial, la sangre trata de escapar en las dos direcciones, pero hacia el corazón se encuentran las válvulas sigmoideas cerradas, y contra ellas chocan, engendrándose una nueva onda positiva, que, para distinguirla de la primera, llamaremos *onda dicrótica*, *refleja* ó *secundaria*.

Tenemos, pues, que la sangre camina á los capilares en movimiento progresivo, por dos sístoles: uno ventricular, de origen contráctil, y otro arterial, de reacción elástica, los cuales, alternando, hacen que la corriente sea continua, magüer la intermitencia de los impulsos; y asimismo tenemos dos ondas positivas ó diástoles arteriales: uno grande, determinado por la presión del ventrículo, y otro pequeño, que se debe al reflejo del sístole arterial en las válvulas sigmoideas. Estos dos diástoles aparecen en la gráfica del pulso en forma de dos elevaciones ó ganchos, uno mayor, diástole directo ó principal, y otro reflejo ó dicrótico, que interrumpe la línea descendente ó sistólica.

Análisis de una pulsación.— Como de todos los movimientos que tienen alternativas en su intensidad, del pulso pueden obtenerse gráficas en forma de curva, cuya altura marca la amplitud, y la línea de la base (abscisa) el tiempo.

La curva del pulso es irregular y se termina en un gancho

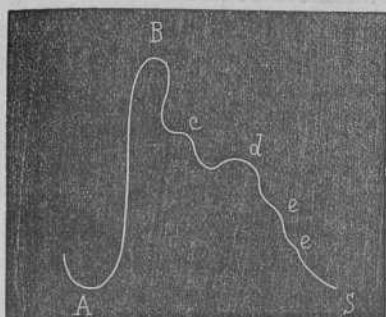


Figura 38.

Esquema de una pulsación ¹.

más ó menos agudo, según las condiciones. La línea ascendente significa el diástole, ó dilatación de la arteria, y la descendente el sístole, ó contracción de la misma.

Diástole arterial.—(AB). Es brusco, como la onda que lo produce, y sin accidentes en el estado normal; por eso aparece en el trazado como una línea recta, ligeramente oblicua hacia arriba y á la derecha ². En ciertas lesiones del corazón la línea de diástole es ondulada, y estas ondulaciones reciben el nombre de *anácrotas*.

Sístole arterial.—(BS). Impropiamente llamado así, porque en su mecanismo no interviene la contracción muscular, vale

¹ AB, diástole; BS, sístole; c, oclusión de las válvulas semilunares de la aorta; d, onda positiva dícrota; ee, curvas de elasticidad.

El esquema de la figura 38 da completa idea de los accidentes de la curva, y de su exactitud responden las gráficas de las figuras 41 y 42.

² Su inclinación puede compararse á la de la letra *f* en la escritura inglesa.

por la vuelta del vaso á su calibre primitivo, y se debe á la reacción elástica. El sistole arterial es lento y accidentado, y se representa por una línea oblicua descendente, cuya regularidad está interrumpida por varias curvas ó ganchos secundarios. En relación al tiempo, el sistole es al diástole como 10 : 7.

Las curvas secundarias de la línea sistólica arterial se llaman *catácrotas* y son de tres clases, contando en el esquema:

1.^a Curva *predicrota* (*c*), debida á la oclusión de las válvulas sigmoideas de la aorta. Recuérdese, á este fin, que dichas válvulas se cierran en cuanto la presión en la aorta monta más que la del ventrículo, y, en su consecuencia, el gancho *c* significa el primer estrechonazo de la arteria, al volver por sus fueros elásticos en cuanto acaba el sistole ventricular.

La curva *predicrota* es normal, pero sólo se hace notable en los grandes troncos arteriales, aorta, carótida, axilar y crural. Por eso no se marca en las gráficas de las figuras 42 y 43.

2.^a Curva *dicrota* ó secundaria (*d*). Se origina por una onda positiva que se refleja en las válvulas sigmoideas, y de cuyo mecanismo me he ocupado anteriormente. Esta onda nunca falta, y si en el lenguaje médico corriente no se dice que el pulso normal es *dicroto*, débese á que el tacto no aprecia esta curva sino cuando se exagera en el estado patológico (fiebres).

La onda *dicrota* se aproxima tanto más al vértice de la curva del pulso, cuanto más cerca está la arteria del corazón; y es tanto más amplia y notable, cuanto menor es la tensión vascular y más frecuentes los latidos cardíacos.

3.^a Curvas *postdicrotas* ó de elasticidad (*ee*). En número variable — generalmente dos en los trazados obtenidos en la radial, — han recibido de Landois el nombre de *elevaciones de elasticidad*, y son debidas á oscilaciones de la pared del vaso al contraerse. Su mecanismo es análogo al de las vibraciones elásticas de un resorte cuando se suelta, ó á las que describe una cinta de

goma al recobrar su primitiva longitud, luego que cesa el estimamiento.

Las oscilaciones *postdiórotas* ganan en número y amplitud con la mayor tensión de las arterias, con la magnitud y perfección de la elasticidad de las paredes y con el alejamiento del corazón, y lo contrario en condiciones opuestas. Sirvan de ejemplo: de lo primero, la fiebre, en donde por aumento de tensión arterial el pulso se torna vibrante; y de lo segundo, el ateroma, que hace perder con la elasticidad de las paredes las vibraciones *postdiórotas* del pulso.

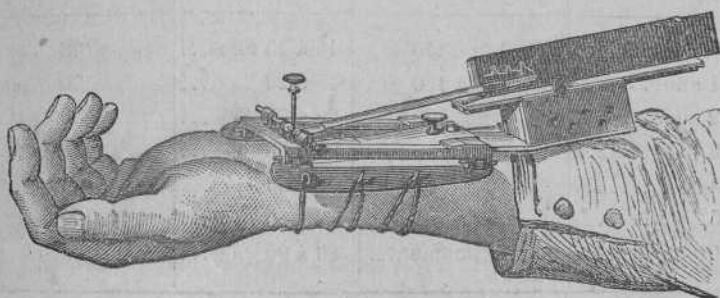


Figura 39.

Esfigmógrafo directo de Marey.

Caracteres del pulso. — Lo mismo en las investigaciones fisiológicas que en las clínicas, los caracteres del pulso se refieren á dos grupos: caracteres *relativos*, que se obtienen por comparación; y *absolutos*, que se deducen analizando una onda pulsátil. Entre los primeros, sólo corresponde á la Fisiología el estudio del ritmo; y de los segundos, la velocidad, amplitud y fuerza de las pulsaciones.

Ritmo del pulso. — Sigue todas las vicisitudes del cardíaco, puesto que se origina en la contracción de los ventrículos la onda que promueve el pulso. En salud, las pulsaciones se suceden sin interrupción, y la línea del *sístole* vuelve á ascender en nuevo *diástole*, formando un ángulo agudo.

La frecuencia del pulso es sumamente variable en los diversos individuos, según la edad, sexo, estatura y temperamento; y para una misma persona, en relación al ayuno, hartura, sueño, vigilia, trabajo, actitud, horario, etc., etc.

En el adulto, término medio, 72 pulsaciones por minuto.

Las variaciones que experimenta la frecuencia del pulso según la edad, van en el siguiente estado, que copio del excelente libro de Landois¹:

Edad.	Número de pulsaciones por minuto.	Edad.	Número de pulsaciones por minuto.
Recién nacido.	130 á 140	10 á 15 años...	78
1 año.....	120 á 130	15 á 20 » ...	70
2 años.....	105	20 a 25 » ...	70
3 »	100	25 á 50 » ...	70
4 »	97	60 » ...	74
5 »	90 á 94	80 » ...	79
10 »	90 próximamente.	80 á 90 » ...	más de 80

Á igualdad de años, el pulso es más frecuente en el sexo femenino; y en condiciones idénticas de edad y sexo, decrece con la talla de los individuos.

Velocidad del pulso.— Se refiere este carácter al tiempo empleado en desarrollarse la curva con sus dos períodos de sístole y diástole; y así, se dice que el pulso es *veloz* ó *lento* cuando respectivamente se cumple en menos ó más tiempo que el normal.

La velocidad del pulso depende principalmente de la rapidez del diástole, y, por tanto, del trabajo del corazón. El sístole, normalmente más perezoso, varía poco, porque la elasticidad que lo produce es una aptitud pasiva.

En general, la rapidez de las pulsaciones está en razón directa de la frecuencia, cosa que por clara no ha menester comentario. También es fácil de entender que el pulso será veloz cuando la elasticidad de las paredes sea perfecta y la tensión arterial baja: en este último caso, la brevedad del sístole toma parte en el acortamiento de la curva.

1 Obra citada, pag. 131.

Amplitud.— Se define por la altura de la curva, ó lo que es igual, por la intensidad del diástole. Pero la dilatación del vaso es proporcional á la fuerza dilatante (onda positiva), á la resistencia que opone la pared á la dilatación (elasticidad), y está en razón inversa de la tensión sanguínea, por cuanto ésta aumenta de un modo permanente el calibre vascular. En suma: la amplitud del pulso crecerá con el poder de la onda (sístoles breves é impetuosos), con la menor tensión en la sangre y con la elasticidad de las arterias.

Por la amplitud se dice pulso *grande* ó *pequeño*, según que la altura de la curva sea mayor ó menor que la ordinaria.

Fuerza.— Se mide por el peso que pueda levantar la onda, y se aprecia al tacto por la impresión de fortaleza que se recibe en los dedos que oprimen la arteria. La fuerza del pulso depende exclusivamente de la energía de la onda, y el tacto distingue con claridad la resistencia que opone el vaso á la compresión cuando la tensión sanguínea es elevada (pulso duro), del enérgico choque que produce el diástole arterial, si la onda es muy potente (pulso fuerte). Si la onda es débil, el pulso ofrece el mismo carácter.

Técnica.— La obtención de trazados gráficos del pulso, *esfigmógramas*¹, es labor diaria en las clínicas, y los *esfigmógrafos*, aparatos con destino á este objeto, vulgares para los médicos y alumnos.

He aquí sucinta relación de los principales esfigmógrafos:

El esfigmógrafo *directo* de Marey (figura 39), consiste, en la parte fundamental, en un resorte de acero, terminado en su extremo libre por un botón de marfil que se aplica sobre la arteria. En la cara opuesta al botón lleva el resorte una varilla vertical dentada, cuyos piñones engranan con los de una rueda también dentada; del eje de esta rueda parte una palanca ligerrísima (de madera), que se termina en un ganchito de hoja de lata, para marcar la curva sobre el papel ahumado. El resorte va unido á un cuadro

¹ Del griego Σφύγμός, ος, palpitación.

metálico, cuyos lados mayores se articulan con dos placas acanaladas, que sirven para adaptar el aparato á la forma cilíndrica del antebrazo. Un aparato de relojería hace deslizar en movimiento uniforme la chapa metálica que sostiene la tira de papel ahumado.

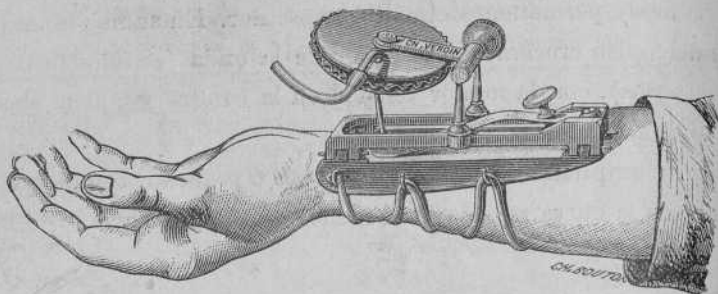


Figura 40.

Esfigmógrafo de transmisión de Marey.

Para usarlo, supongamos, en la arteria radial, se invita al sujeto en observación á que se siente y apoye el brazo en una mesa. Entonces procedemos á colocar en posición el esfigmógrafo sobre la cara palmar del antebrazo, cuidando que éste se encuentre ligeramente pronado, para que el tendón del gran palmar no estorbe que el botón del resorte caiga exactamente encima de la arteria. En seguida, y manteniendo la postura del aparato, pasamos á fijarle con la cinta que se anuda á los ganchos que llevan las láminas acanaladas de adaptación; y, finalmente, se gradúa la presión del resorte á favor de un tornillo que lo deprime á voluntad. Cuando la palanca, con su acompasado movimiento, nos indique que todo marcha bien, no hay más que poner en jüego el aparato de relojería, y la gráfica queda hecha.

El esfigmógrafo directo es muy pesado y se mantiene con dificultad en la posición apetecida. Por esta causa son preferibles el *de transmisión* y el de Dudgeón.

En el primero (figura 40) los movimientos de la arteria se transmiten por la palanca á un tambor, y la cavidad de éste se pone en comunicación con la de otro escribiente, á favor de un tubo de cauchuc.

La principal ventaja del esfigmógrafo de Dudgeón (figura 41) es su pequeñez; y en segundo término, que el aparato de relojería tiene cuerda para

dos minutos y permite obtener gráficas de mucha longitud. Consta también de un resorte que se aplica sobre la arteria, y cuya presión se gradúa por un excéntrico. El ganchito escribiendo recibe el movimiento del resorte

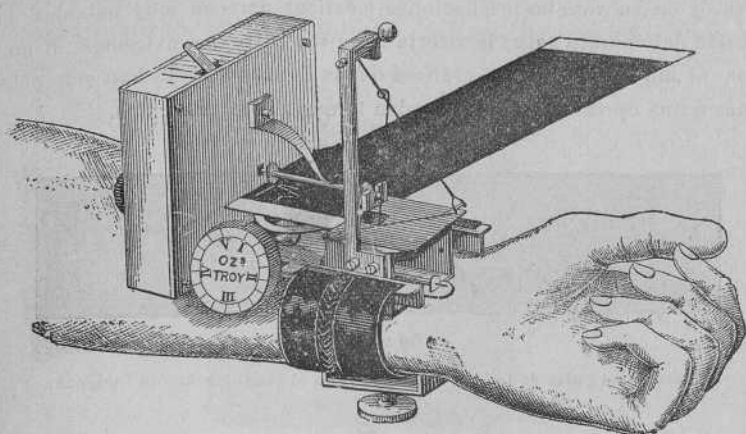


Figura 41.

Esfigmógrafo de Dudgeón.

por el intermedio de un juego combinado de palancas angulares, de las cuales la superior lleva un contrapeso que hace muy sensible el aparato. El papel ahumado se desliza sobre un carrete y es movido por el aparato de relojería.

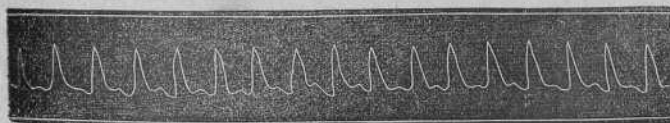


Figura 42.

Trazado del pulso de la arteria radial, obtenido con el esfigmógrafo directo de Marey.

El esfigmógrafo de Dudgeón se fija y mantiene en posición con facilidad, y es muy sensible, como lo demuestra la gráfica de la figura 43, en la cual aparece la curva dicrótica muy marcada.

Con los dos esfigmógrafos citados y con los que pudiera citar se pueden obtener trazados diferentes en un mismo sujeto y en idénticas condicio-

nes, según como se coloquen. Si está muy flojo el aparato, la onda principal se desarrolla con gran amplitud, sin que la secundaria ó refleja crezca en la misma proporción. Si la presión es excesiva, el diástole resulta menguado, toda la onda pequeña y aplanada, el gancho dicrótico falta, y en su vez, las oscilaciones elásticas parecen muy notables. La presión del aparato sobre la arteria debe ser entre dos extremos: ni muy floja, ni muy apretada; las gráficas de las figuras 42 y 43 han sido obtenidas á una opresión media y pueden tomarse como ejemplos.

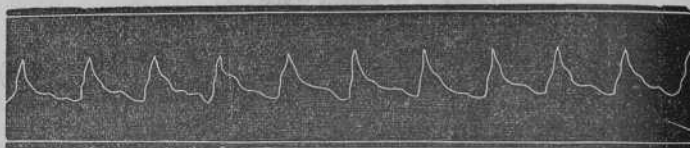


Figura 43.

Trazado del pulso de la radial obtenido con el esfigmógrafo de Dudgeón.

Pulso venoso. — Á consecuencia de los sístoles torácico, auricular y ventricular, se turba bruscamente el aflujo de la sangre venosa al corazón derecho, dándose motivo á la formación de ondas positivas, que se propagan en sentido opuesto á la corriente (desde el corazón á las venas) y que constituyen un verdadero pulso venoso normal. Pero estos fenómenos pulsátiles no se aprecian en el estado fisiológico, ni por la vista ni por el tacto, sino que es preciso buscarlos con un esfigmógrafo muy sensible y que comprima débilmente el vaso.

La gráfica de la figura representa el pulso venoso, según Friedrich, y se parece bastante al cardiograma.

Teoría del pulso venoso. — Al contraerse la aurícula derecha (sístole auricular), produce una onda positiva que determina un ligero diástole de la vena yugular (*a b*); después, al contraerse el ventrículo del mismo lado, suspéndese el aflujo de sangre que le llega por la aurícula, y se engendra en ésta otra onda positiva que eleva en nuevo diástole la vena (*b c*). Pasada esta segunda onda, comienza el sístole por reacción elástica de

la pared venosa; mas apenas comenzado, se ve interrumpido por una tercera onda positiva, que se debe á los cambios de presión que experimenta la sangre en la aorta, transmitidos de este vaso á la pulmonar, gracias á sus intimas relaciones (*d*). Por último, un cuarto gancho, hacia el final de la línea descendente del sis-

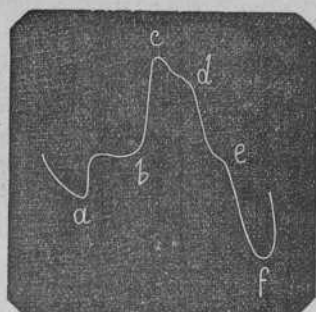


Figura 44.

Gráfica del pulso venoso, según Friedrich.

tole venoso, indica la postrer onda positiva, originada por los cambios de presión de la sangre en las cavidades derechas cuando se cierran las válvulas de la arteria pulmonar (*e*).

El pulso venoso se exagera, hasta apreciarse á la vista y al tacto, en la insuficiencia de la válvula tricúspide. En este caso la sangre retrocede á la aurícula y á la vena, durante el sístole del ventrículo derecho.

Para la exploración del pulso venoso conviene la yugular derecha, que está más próxima al corazón, y la posición supina en el sujeto observado.

Distribución de la sangre por los diversos órganos del cuerpo. — Una condición sola regula el tanto de sangre que los órganos reciben: la intensidad y calidad de sus funciones. Todas las demás circunstancias que pueden invocarse, ó son accidentales, ó patológicas.

La cantidad de riego sanguíneo varía para cada órgano según el período de su evolución, y dentro del mismo período, con las alternativas de reposo y actividad. Se ofrecen, pues, dos máximas y dos mínimas: las primeras, coincidentes con el apogeo evolutivo y la algidez funcional; las segundas, con la decadencia y la remisión.

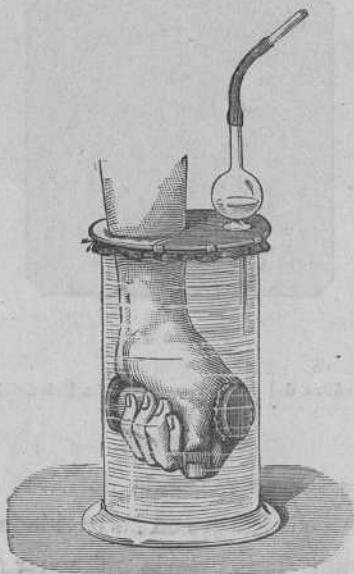


Figura 45.

Aparato de Franck para medir los cambios de volumen de la mano.

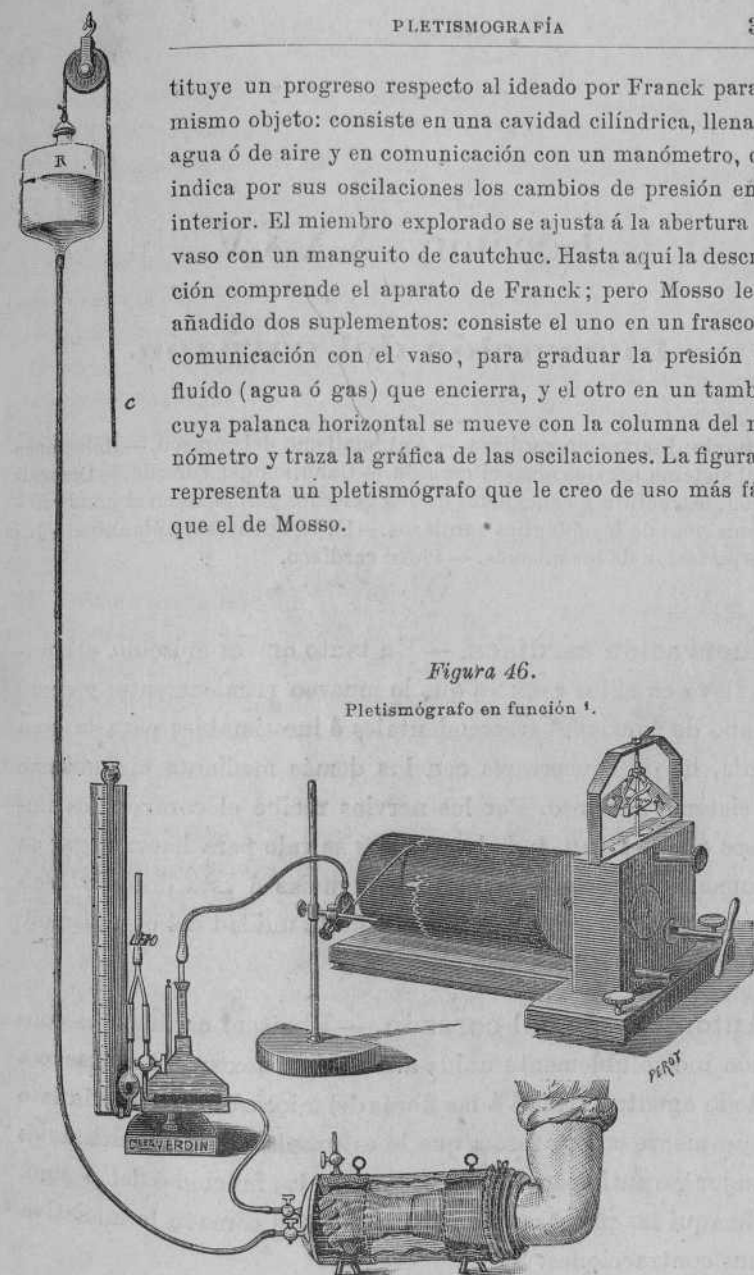
Muchos son los procedimientos ideados por los fisiólogos para medir la cantidad de sangre que posee un órgano. No hablaré de ellos, porque sólo se aplican en las vivisecciones y dan poca exactitud; pero sí debo citar un aparato inventado por Mosso para analizar las variaciones de volumen que experimentan los miembros humanos á consecuencia de las oleadas de sangre que envía el corazón. Dicho aparato, llamado *pletismógrafo*¹, cons-

¹ Compuesto de las palabras griegas *πληθυσμός*, afluencia, y *γράφω*, escribir.

tituye un progreso respecto al ideado por Franck para el mismo objeto: consiste en una cavidad cilíndrica, llena de agua ó de aire y en comunicación con un manómetro, que indica por sus oscilaciones los cambios de presión en el interior. El miembro explorado se ajusta á la abertura del vaso con un manguito de cautchuc. Hasta aquí la descripción comprende el aparato de Franck; pero Mosso le ha añadido dos suplementos: consiste el uno en un frasco en comunicación con el vaso, para graduar la presión del fluido (agua ó gas) que encierra, y el otro en un tambor, cuya palanca horizontal se mueve con la columna del manómetro y traza la gráfica de las oscilaciones. La figura 46 representa un pletismógrafo que le creo de uso más fácil que el de Mosso.

Figura 46.

Pletismógrafo en función ¹.



¹ *R* es un vaso lleno de líquido, que permite graduar la presión del que está dentro del baño que contiene el antebrazo y la mano. *Mm* es un manómetro escribiendo análogo al de la figura 32. Las demás partes del aparato las conoce el lector.

Lección XXXV.

Inervación del corazón.

Sumario: Inervación cardíaca. — Automatismo del corazón. — Relaciones del sistema nervioso con el corazón. — Ganglios del corazón. — Disposición, estructura y conexiones de los ganglios cardíacos en el hombre. — Funciones de los ganglios cardíacos. — Experimentos de Stannius. — Interpretación de los mismos. — Plexo cardíaco.

Inervación cardíaca. — En tanto que es músculo, el corazón lleva en sí los resortes que le mueven rítmicamente; y como órgano de funciones trascendentales é inestimables para la economía, ha de concertarse con los demás mediante el gobierno del sistema nervioso. Por los nervios recibe el corazón los impulsos que le rigen, y de los nervios se vale para hacer llegar su influencia adonde conviene; y así, gracias á esta doble y recíproca comunicacón, queda satisfecha la unidad del organismo y garantido el éxito circulatorio.

Automatismo del corazón. — El ritmo cardíaco es condición indisolublemente unida á su íntima textura. En ausencia de todo agente extraño á las fibras del miocardio, el corazón late rítmicamente con la forma que le es propia. El automatismo es la mejor garantía para la persistencia de las funciones del órgano.

He aquí las pruebas que recaban para el corazón la iniciativa de sus contracciones:

A. El corazón late en los embriones antes de que aparezca el sistema nervioso (*primum movens*). En el embrión del pollo, el corazón aparece co-

mo una vesícula que se contrae rítmicamente á las veintiocho horas de la incubación (Cl. Bernard).

B. El corazón late rítmicamente, aunque con la ligadura de los vasos se impida la renovación de sangre en sus cavidades.

C. El corazón separado del cuerpo en perros jóvenes, en conejos y en ranas, sigue latiendo rítmicamente por espacio de un tiempo más ó menos largo, según la especie del animal, la temperatura exterior y los cuidados que se pongan en la conservación del órgano.

D. La punta del corazón separada del resto queda inmóvil, pero vuelve á latir con ritmo cuando se la excita con el suero artificial — á moderada presión — y con la corriente inducida.

E. El corazón del caracol late con ritmo, á pesar de no tener ganglios ni recibir nervios ¹. La primera parte la he comprobado, y dejo la veracidad de la segunda á los histólogos y naturalistas que niegan la existencia de nervios en el corazón de este molusco.

F. La contracción cardíaca tiene lugar en onda peristáltica (Gaskell), y esta forma es genérica á todos los protoplasmas musculares.

Por todo lo cual podemos concluir que, esencialmente, el automatismo cardíaco depende de la íntima constitución del músculo y puede compararse al juego alternativo de sístole y diástole de las vacuolas de los protozoarios. Veamos ahora cómo se subordina esta autonomía al sistema nervioso.

Relaciones del sistema nervioso con el corazón. —

El órgano cardíaco posee un sistema ganglionar propio para su gobierno inmediato. Los ganglios se llaman auto-motores y relacionan al corazón con los del simpático, y con los de la médula cervical y oblongada, mediante los conductores del plexo cardíaco.

Ganglios del corazón. — Fueron demostrados la primera vez por Remak en la vaca, por Kölliker en el hombre y por Bidder, Ludwig, Volkmann y otros en la rana y en la tortuga.

¹ El corazón en estos moluscos se encuentra en la parte media de la región dorsal ó posterior. Se compone de una aurícula y un ventrículo. La sangre es incolora y los glóbulos nucleados y desprovistos de materia colorante.

Más bien que ganglios¹, son plexos ganglionares que derivan del cardíaco y ofrecen disposiciones distintas, según las especies; mas de ordinario se encuentran formando anillos ó zonas alrededor de la desembocadura de las venas, en los orificios aurículo-ventriculares y en el tabique interauricular.

En este punto, como en tantos otros, las investigaciones experimentales están limitadas á los animales inferiores, y de ellas se ha inducido la Fisiología del hombre; pero se ha hecho tan temprano la incorporación, que ni se ha esperado á que la Anatomía humana declare; y de aquí que de la disposición de los ganglios cardíacos de la rana se haya hecho un símbolo que sin escrúpulos ha ascendido á la Patología y á la Terapéutica, para castigo y confusión de todos. No pienso acompañar á los autores en este camino, y muy lejos de eso, diré del hombre lo que sepa y cargaré á la Fisiología de la rana todo lo que le corresponda.

Disposición, estructura y conexiones de los ganglios cardíacos en el hombre. — Á juzgar por los trabajos de Kölliker, ya citado, y por las investigaciones de Vignal² en los primates, los plexos ganglionares del corazón humano son en número de tres: dos que pudiéramos llamar primitivos, porque se forman de los ramos nerviosos del plexo cardíaco y van á constituir dos zonas ó anillos alrededor de las desembocaduras de la vena cava inferior, el derecho; y de las venas pulmonares, el izquierdo. Del tercero deberíamos decir que era derivado, por proceder de los subplexos coronarios, y se extiende como una gran zona ó ecuador, inscribiendo en su circunferencia el surco aurículo-ventricular: es irregular, y en los surcos medios anterior y posterior desciende hasta ocupar el primer tercio de la masa de los ventrículos.

Los tres plexos están formados por redes de fibras nerviosas, entre cuyas mallas se encuentran multitud de ganglios de diversos tamaños, aunque siempre microscópicos. Las fibras nerviosas son de dos clases: unas pertenecientes á las llamadas de Remak, desprovistas de mielina, y otras que poseen esta substancia; según los autores, las primeras proceden ó van al simpático, y las segundas se relacionan con el pneumogástrico.

1 Entendemos por ganglio todo núcleo compuesto de células y de fibras nerviosas. Como se ve, el concepto es tan vago como su etimología, del griego γάγγλιον, tumor.

2 Mr. Vignal: «Appareil ganglionnaire de cœur des vertèbres.» — *Archives de Physiologie*, 1881.

Las células nerviosas son de dos clases también: unipolares, que abundan sobre todo en los ganglios de la zona aurículo-ventricular, y multipolares, que constituyen casi por completo los ganglios de las zonas venosas. De otros hechos anatómicos puede inducirse que los ganglios primitivos ó venosos son excito-motores y se relacionan con el simpático, y los aurículo-ventriculares inhibitorios y dependientes del bulbo por el pneumogástrico; pero esta inducción, seductora porque asimila la inervación ganglionar del corazón humano á la simbólica adoptada para la rana, tiene contra sí muy graves objeciones, como iremos viendo.

Funciones de los ganglios cardíacos.— Son: presidir directa é inmediatamente el automatismo del órgano, y servirle de intermediarios cerca de los centros nerviosos. Pruébanlo el hecho de no latir espontáneamente las partes del corazón desprovistas de ganglios, y los efectos tóxicos, sobre el corazón aislado, de ciertos venenos neuróticos (curare, atropina, nicotina, etcétera).

Los ganglios parecen excitables directamente por las acciones mecánicas (choques, contacto, presiones, etc.), por las físicas (calor y electricidad), y por las químicas (álcalis, sales y venenos); pero no todos responden igual á la excitación; de donde se deduce que sus funciones son distintas. El más excitable de los ganglios es el de Remak, y luego el de Bidder; el de Ludwig, lejos de corresponder con un movimiento á la excitación, parece impedir las contracciones: es, pues, un ganglio inhibitorio.

Experimentos de Stannius.— Son tan fáciles de realizar como instructivos acerca del diferente papel que ejercen los ganglios del corazón. Yo acostumbro á practicar en todos los cursos los siguientes:

1.^a Puesto al descubierto el corazón en una rana, introduzco un agitador de vidrio por el esófago del animal, con objeto de que el órgano y los grandes vasos se muestren con más relieve. Luego disloco el corazón hacia delante y arriba con un ganchito obtuso ó tirando de él con un hilo previamente fijado sobre el pericardio, á favor de un punto de sutura, de suerte que me permita ver la cara posterior con el seno venoso y la aurícula; la separación de estas dos últimas partes se hace notar por una línea ligeramente blanquecina que se destaca del fondo rojo que ofrece el órgano. Sobre esta línea practico una ligadura apretada de modo que di-

vida al corazón en dos porciones desiguales: por debajo de la ligadura las dos aurículas y el ventrículo, y por encima el seno venoso. En cuanto la ligadura se aprieta, el seno venoso continúa latiendo como antes y el resto del corazón queda inmóvil.

2.^a Conservada la primera ligadura, paso otra sobre las aurículas, cerca del tabique aurículo-ventricular. Resultado: los ventrículos comienzan á latir como el seno venoso, y las aurículas siguen paralizadas.

Según dicen algunos autores, si la ligadura se coloca sobre el mismo surco aurículo-ventricular, las aurículas y el ventrículo, paralizados por su aislamiento del seno venoso, recobran sus latidos. Por mi parte no he podido ó sabido obtener el mismo resultado.

3.^a Si en otra rana, preparada como la anterior, se pasa una ligadura por la parte media del ventrículo, queda inmóvil la porción correspondiente á la punta, en tanto que el resto del ventrículo, las aurículas y el seno venoso continúan latiendo.

4.^a Si en un corazón intacto de rana aplicamos los reóforos del aparato electro-farádico de Ranvier sobre la línea blanquecina que separa el seno venoso de la aurícula (lugar de la ligadura en el primer experimento), aquél continúa latiendo y el resto del corazón se para. Tal efecto no se produce si antes se inyecta bajo la piel del animal unas gotas de disolución de un miligramo de sulfato de atropina en cincuenta gramos de agua.

Es de advertir que, si las ligaduras no se aprietan con firmeza, lo que se produce no es la incomunicación de unos ganglios con otros, sino el fenómeno que Gaskell llama *bloqueo* y que parece como una resistencia opuesta por las ligaduras al tránsito de los impulsos nerviosos. Así, por ejemplo, cuando no está muy prieta la ligadura entre el seno venoso y la aurícula, se produce el bloqueo, y se conoce en que, mientras el seno late cinco ó seis veces, el corazón late dos ó tres.

Como guía técnica para hacer estos experimentos creo será de utilidad la siguiente descripción que hace Bidder de los ganglios cardíacos de la rana:

Los filetes que al órgano prestan los nervios vagos, se reúnen en dos cordones sobre la vena cava superior, y constituyen un plexo anular alrededor del seno venoso, que sirve de antecámara á la aurícula derecha en estos animales. Luego se dirigen ambos cordones al tabique interauri-

cular, situándose uno en el borde anterior y otro en el posterior, y, cambiando fibras entre sí, dan motivo á otro plexo en la mitad superior del mencionado tabique, del cual nacen de nuevo los dos cordones (anterior y posterior) que, descendiendo hacia los ventrículos, se terminan en la base de ellos, formando un plexo cada uno. Para entendernos en el curso de la exposición que sigue, llamaremos ganglio de Remak al que rodea el seno venoso, de Ludwig al que se encuentra en la parte superior del tabique interauricular, y de Bidder los que se hallan en la base de los ventrículos.

Interpretación de los experimentos de Stannius. — La más lógica deducción de los hechos que preceden sería suponer que en el corazón existen dos clases de ganglios: unos que responden con movimiento á la excitación, y otros que alargan indefinidamente el diástole cuando se les excita. Los primeros merecerían con justicia el título de excito-motores, y estarían representados por el ganglio de Remack y los de Bidder; de los segundos sólo hay un ejemplar, el ganglio de Ludwig, que debería llamarse paralis-motor ó inhibitorio. Para corona de esta hipótesis, faltaría unir la suerte de las fibras aceleradoras con los ganglios excito-motores y las inhibitorias con el de Ludwig.

Confieso que esta hipótesis me seduce por su sencillez, y que conviene á los hechos que después estudiaremos como fundamento de la teoría de la inervación cardíaca; pero no me atrevo á salvar las distancias que separan á la rana del hombre, no obstante haber conseguido repetir varias veces con éxito los experimentos de Stannius en el conejo ¹.

Estimo, pues, como una limitación prudente seguir tratando del corazón de la rana y apuntar consecuencias que pueden algún día aplicarse al hombre. Hoy por hoy, la reintegración es, cuando menos, prematura.

Puestos de acuerdo en este punto fundamental, nada tan fácil como sacar conclusiones de los experimentos referidos. El primero indica que en el seno venoso existe un ganglio automotor poderoso, cuya influencia es necesaria al movimiento del corazón. Si á este hecho unimos el que ya poseíamos, de empezar la revolución cardíaca por la vena cava superior, podemos afirmar que la aurícula posee la iniciativa del ritmo y es en rigor la última parte que muere en el corazón (*ultimum moriens*).

Del segundo experimento se deducen dos hechos: A. El ganglio de

¹ Gómez Ocaña: «Una pequeña contribución para la fisiología de los ganglios auto-motores cardíacos.» *La Crónica Médica de Valencia*, Diciembre 1893.

Ludwig es inhibitorio, puesto que, cuando queda dominando en las aurículas, éstas se paralizan. B. El de Bidder es excito-motor, por cuanto los ventrículos comienzan á latir desde que quedan á merced de este ganglio.

Uniendo las conclusiones del primer experimento con el segundo, se deduce que el ganglio de Bidder es de menos potencia que el de Remak; porque cuando este último lucha con el de Ludwig, lo vence y arrastra el corazón á moverse; y, por el contrario, si la lucha se entabla entre el de Bidder y el inhibitorio, la victoria es de éste (primer experimento), y el resultado la parálisis. Sin embargo, no hay que apresurarse en elevar á afirmación dicha consecuencia, porque los hechos se han interpretado de otro modo, á saber: por la ligadura del seno se producen dos efectos: separar el ganglio de Remak del corazón, y excitar las fibras inhibitorias del nervio vago que van al de Ludwig; ó más claro: si en el primer experimento el ganglio de Bidder no vence al inhibitorio, es porque este último se encuentra excitado por la ligadura ó sección del seno venoso ¹. El tercer experimento es demostrativo del papel de los ganglios, y quiere decir que las regiones privadas de ellos son incapaces de latir *espontáneamente*.

En fin, el cuarto experimento vale tanto como la excitación de los troncos de los pneumogástricos, y, en realidad, es un anticipo para conocer la función inhibitoria de estos nervios.


Plexo cardíaco.— Los conductores nerviosos que van ó vienen del corazón, constituyen sobre este órgano una red plexiforme provista de ganglios y conocida por el nombre de plexo cardíaco. Todos los filetes centrípetos ó sensitivos nacen, como cilindros-ejes, de las células ganglionares del corazón, y van á terminarse, por arborizaciones en los núcleos sensitivos de los ganglios raquídeos, en los del bulbo, y quizá en los ganglios centrales del simpático. Los filetes centrifugos que van á influir sobre el corazón y sus ganglios son cilindros-ejes de las células motoras del bulbo, de las de la médula cervical y de los ganglios del simpático, y van á terminarse, también por arborizaciones,

¹ En el caso de sección, el corte obra como excitante de las fibras del vago.

en contacto de las cédulas motoras de los ganglios cardiacos, y tal vez sobre el mismo músculo.

El plexo cardiaco le forman los nervios pneumogástricos (más el derecho que el izquierdo), los espinales por las ramas que prestan á los anteriores en el ganglio plexiforme, y los ramos internos de los tres ganglios cervicales y primero torácico del sistema del gran simpático. Tanto los pneumogástricos como los espinales toman origen en la médula oblongada, y los ganglios citados del simpático dependen de la médula cervical.

Los vagos y espinales son nervios mixtos, es decir, que conducen en la doble dirección centripeta y centrifuga; pero los primeros son principalmente sensitivos, y los segundos especialmente motores. En cuanto á los ramos del simpático, es muy probable que también gocen de carácter mixto.



Lección XXXVI.

Inervación cardíaca (Continuación).

Sumario: Oficio del bulbo en el gobierno del corazón. — Centros inhibitorio y acelerador de la médula oblongada. — El centro inhibitorio del bulbo es reflejo. — Vías centrifugas de este reflejo. — Efectos de la excitación de los nervios vagos. — Vías centrípetas del reflejo inhibitorio, y su clasificación. — Experimentos de Bernstein y de Goltz. — Efectos de la excitación de los nervios sensitivos sobre el ritmo cardíaco. — Excitación del centro inhibitorio de origen cerebral. — Excitantes fisiológicos, directos y reflejos, del centro inhibitorio. — Centros aceleradores medulares. — Los centros aceleradores de la médula dependen del bulbo y son reflejos.

293
Oficio del bulbo en el gobierno del corazón. — La médula oblongada posee las dos riendas de gobierno sobre el corazón: la excito-motora y la inhibitoria ¹. Además, la situación del bulbo á la cabeza de la médula y en relaciones íntimas con el encéfalo, le permite ser el centro de los reflejos más superiores y el ejecutor de los impulsos cerebrales. Recuérdese que en el bulbo se conciertan todos los motores de la circulación (sístoles torácicos, vascular y muscular).

Centros inhibitorio y acelerador de la médula oblongada. — Las excitaciones directas de la médula oblongada producen distintos efectos sobre el ritmo cardíaco, según que se practiquen en un animal íntegro, ó con previa sección de

1 Véase «Inhibición», lección LVI.

ambos pneumogástricos en el cuello. En el primer supuesto, el bulbo actúa como centro inhibitorio de los movimientos del corazón, y no parece sino que se opone al sístole, alargando el período de diástole. Si la excitación es débil, la frecuencia de los latidos disminuye cuanto se extiende el reposo del órgano, y la presión arterial decrece un poco; si es enérgica, el corazón suspende sus contracciones y la presión baja de un modo alarmante; mas en ambos casos el fenómeno es pasajero, porque el corazón recobra su ritmo, al pronto con sístoles moderados y luego con contracciones impetuosas, que elevan la presión sobre la cifra que acusaba antes del experimento.

Inmediatamente que se seccionan los dos nervios vagos en el cuello, se aceleran los latidos cardíacos, como si el órgano hubiera perdido el freno; pero si después se excita el bulbo, la aceleración aumenta todavía. Es notable que este desboque del ritmo no altere la presión de la sangre, efecto que se debe á ganar los sístoles en brevedad lo que pierden en potencia. De todo lo cual puede concluirse:

1.º Que en la médula oblongada existe un centro inhibitorio para los movimientos del corazón, cuya influencia llega al órgano por filetes centrífugos que se encuentran en el tronco de los nervios vagos. Dicho centro debe estar en el núcleo motor que da origen á las fibras centrífugas del vago, ó sea en la porción de substancia gris de las astas anteriores que queda por delante del manojó prismático, luego que éste se cruza con el del lado opuesto ¹. Sin embargo, Laborde lo sitúa en el suelo del cuarto ventrículo, cerca del cuerpo restiforme.

2.º Existe asimismo en el bulbo un centro excito-motor ó acelerador del ritmo cardíaco, cuya influencia se transmite á la médula, y de ésta al corazón, por los ganglios del simpático. Desgraciadamente ignoramos la localización de este centro.

¹ Este núcleo, llamado antero-lateral, ó de Stilling, da origen á las raíces motoras del pneumogástrico y del espinal.

3.º Efecto de que el centro inhibitorio sea más excitable que el acelerador, ó que los impulsos encuentren menos resistencias á correr por los pneumogástricos (vía directa) que por la médula y el simpático (vía estacionada), la excitación total del bulbo siempre produce inhibición. Sólo en el caso de estar interrumpida la vía centrifuga inhibitoria los impulsos aceleradores llegan al corazón, dando un rodeo y salvando dos núcleos ganglionares: *a*, las células de las astas anteriores de la médula, de donde nacen las raíces anteriores; *b*, y los ganglios del simpático, que atraviesan los filetes cardíacos de dichas raíces (nervios aceleradores).

El centro inhibitorio del bulbo es reflejo.—Responde la experiencia á esta afirmación enseñando las vías centrípetas y centrifugas que convienen en el bulbo con el centro inhibitorio. Estudiaré unas y otras, anteponiendo las centrifugas, para más fácil inteligencia de la inhibición cardíaca.

Vías centrifugas de la acción inhibitoria. Excitación de los nervios vagos.—Las fibras nerviosas eferentes que conducen la influencia del centro inhibitorio del bulbo, llegan al corazón por el pneumogástrico; pero es dudoso que este nervio las posea desde su origen, y si muy probable que se las preste el espinal en el ganglio plexiforme.

Del lado del corazón es también probable que las fibras inhibitorias se terminen por arborizaciones en contacto con las células de los ganglios; así al menos parece inducirse de lo que conocemos acerca de la estructura del sistema nervioso. Además, la acción de los venenos indica claramente que en el órgano cardíaco hay elementos distintos que coadyuvan á un mismo fin, y se dan substancias, como la muscarina y la atropina, que obran en sentido inverso sobre los mismos factores nerviosos: la primera inhibiendo los movimientos del corazón, y la segunda impidiendo los efectos de aquella y los que más adelante diremos de la excitación de los nervios vagos: en cambio la atropina no basta á anular los efectos inhibitorios del

total, lo que quiere decir que actúan sobre distintos aparatos.

(1) Según Pierret, este gran simpático tiene su origen en las células radiales del núcleo posterior externo lateral de la médula espinal (Testut como 2º p. 22)

Efectos de la excitación de los nervios vagos. — Son idénticos á los que se obtienen excitando el bulbo; y no puede ser de otro modo, pues estimulando dichos nervios sustituímos la acción fisiológica del centro con un agente experimental. La excitación de los nervios vagos ¹ en el cuello produce en los animales los mismos efectos, ya se estimule el tronco del nervio, ora se seccione y se aplique el excitante sobre el cabo periférico; si la excitación es débil, el ritmo se hace más lento y la presión arterial baja, aunque no mucho; si es enérgica, el corazón se para en diástole y la presión desciende considerablemente. Al cabo de un corto período, cuya duración varía con la especie del animal y los tratamientos que haya sufrido, el corazón recobra sus sistoles, al principio con lentitud y moderada energía, pero luego con brío suficiente para elevar la presión por encima de lo ordinario; y este recobro se verifica, pese á la persistencia del excitante.

En ciertos experimentos (Moleschot, Schiff, Artoing y Tripier), la excitación del vago, lejos de retardar, acelera los latidos cardiacos; pero esta contradicción se explica porque algunas, aunque raras veces, las fibras inhibitorias pueden ir con el simpático, y las excito-motoras con el pneumo-gástrico.

De mi parte sé decir que siempre he observado retardo ó inhibición cuando excité el vago, cualquiera que fuera el excitante y la especie del animal.

231. **Vías centrípetas del reflejo inhibitorio.** — El centro bulbar, que inhibe los movimientos del corazón, puede ser sollicitado por impulsos aferentes venidos de casi todos los territorios orgánicos. De esta suerte, y por oficio del bulbo, se establece una relación entre los partícipes del riego sanguíneo y la bomba cardíaca motora del liquido.

¹ He practicado muchas veces ante los alumnos la excitación experimental del vago en conejos, perros y ranas. Las dos primeras especies de animales, y singularmente los conejos, son muy aptos para estas experiencias.

El origen y trayecto de los conductores centrípetos, que pueden llevar excitaciones á la médula oblongada, para que ésta las refleje sobre el corazón, es por demás curioso y, gracias á los trabajos de Cl. Bernard, Bernstein, Goltz, Cyon, etc., gala de nuestro saber en este punto.

En tres grupos pueden clasificarse las vías centrípetas del reflejo inhibitorio:

A. Fibras centrípetas, que originan en los corpúsculos ó bastones impresionables de las vísceras abdominales. El tránsito de los impulsos que conducen estas fibras es asaz laborioso, y se cumple en las siguientes etapas: 1.^a Desde las vísceras á los ganglios centrales del simpático, por los nervios mesentéricos. 2.^a Desde aquellos ganglios á los anejos á las raíces posteriores de la médula ¹, por las fibras aferentes que los ponen en comunicación. 3.^a Desde los ganglios raquídeos al bulbo, á través de la médula espinal.

B. Fibras centrípetas, nacidas en los aparatos sensoriales, las cuales hacen una sola estación en el eje encéfalo-raquídeo para llegar al centro inhibitorio de la médula oblongada. Dichas fibras pertenecen á todos los nervios sensibles del cuerpo.

C. Fibras centrípetas, que proceden del mismo corazón y que conducen directamente al bulbo los nervios pneumogástricos.

Por donde se demuestra que, si el bulbo posee dos caminos para hacer llegar sus órdenes al corazón, también dispone de otros dos para recibir las inspiraciones de todos los órganos, sin exceptuar al paciente de su influencia.

La comunicación directa (centrífuga y centrípeta) la establece el vago, no sólo para lo que al corazón se refiere, sino para todas las vísceras del cuerpo; y la escalonada, ó indirecta, la médula y el simpático.

Todas las vías aferentes de que se ha hecho mérito pueden ser excitadas experimentalmente, y á ello debemos el dominio de esta cuestión.

1 Los ganglios de las raíces posteriores se llaman raquídeos.

Los primeros experimentos que demostraron la excitación refleja del centro inhibitorio, recayeron sobre los nervios pneumogástricos. Seccionando uno de estos nervios en el cuello, y aplicando el estímulo eléctrico al cabo central, se inhiben los movimientos del corazón como si se excitara el cabo periférico del mismo nervio, ó directamente el bulbo. Esta acción no puede ser más que refleja, porque el estímulo hiere las fibras centripetas del vago, que transmite al centro inhibitorio del bulbo y vuelve al corazón por el nervio del otro lado. En prueba de ello, los estímulos más enérgicos del cabo central del vago no producen efecto alguno sobre el ritmo cardíaco, si se seccionan ambos nervios, porque los reflejos inhibitorios no pueden cumplirse á falta de conductor centrífugo; el vago entonces se comporta como cualquier otro nervio sensitivo, y los animales chillan, por el dolor.

Bernstein y Goltz instituyeron dos experimentos, hoy clásicos en la ciencia, y que hasta los alumnos han repetido en nuestro laboratorio, para demostrar que los nervios nacidos en las vísceras abdominales conducen impulsos aferentes al centro inhibitorio. Bernstein aislaba, en la rana, un nervio mesentérico, de los dos que nacen del plexo que rodea á las aortas poco antes de su fusión, y lo estimulaba con la corriente eléctrica. El corazón, puesto al descubierto, avisaba, con la suspensión de sus contracciones, el efecto inhibitorio. Tal efecto no se produce si previamente se secciona la médula en su unión con el bulbo ó se cortan los dos nervios pneumogástricos, con lo cual se demuestra el trayecto que corren estos impulsos.

El experimento de Goltz varía poco del que acabo de referir: en una rana preparada como la anterior, se golpea suavemente el paquete intestinal con el mango de un bisturí, y por este estímulo se suspenden los movimientos del corazón, como si se excitaran directamente los nervios mesentéricos. El referido experimento ha sido fecundísimo para la ciencia, pues ha dado justa interpretación al aplanamiento circulatorio y á la debilidad del corazón que se producen en el hombre á consecuencia de los traumatismos del vientre.

La acción de los nervios sensitivos sobre el ritmo cardíaco es tan aparente, que no ha menester del laboratorio para su prueba: en cambio requiere más detenida interpretación. Todos saben que, á consecuencia de la excitación de los nervios sensitivos, se producen efectos variados sobre el ritmo del corazón: si la excitación es de mediana intensidad, como ocurre en las neuralgias moderadas, el corazón y el pulso se aceleran, y la

presión arterial crece. Cuando el dolor es más intenso, ó, sin serlo, lleva mucho tiempo pesando sobre el paciente, el ritmo cardíaco, lejos de acelerarse, se retarda, y la presión arterial baja. En fin, cuando el dolor es agudísimo, el corazón desfallece y suspende sus latidos. (Síncope por dolor.)

¿Cómo se explican tan opuestos síntomas de dolor? Á mi juicio, por la forma y dirección en que se transmiten y difunden los impulsos nerviosos, en su carrera ascendente, desde los órganos al cerebro, á través de la médula; por su violencia, y por el estado ocasional en que se encuentren los núcleos ganglionares del tránsito. Concretemos la explicación á los nervios de sensibilidad general. Estos nervios son cilindros-ejes de los bastones cutáneos, musculares, óseos, mucosos, etc., que van á terminarse por arborizaciones en contacto con las células de los ganglios raquídeos. De dichas células nacen otros cilindros-ejes, que parten hacia la médula — continuando la conducción centrípeta, — y en ella se terminan por arborizaciones los que no alcanzan al bulbo ó al cerebro; pero durante su recorrido medular emiten ramas colaterales¹ que, dirigiéndose de atrás adelante, van á relacionarse con las células del asta anterior ó con las que la representan en el bulbo. Con estos datos, estamos autorizados para creer que, durante el viaje desde los órganos al encéfalo, los impulsos sensitivos tienen que vencer las resistencias que les opone el tránsito² por el ganglio raquídeo y van difundiendo la fuerza viva del impulso en las mil colaterales que se le ofrecen. En suma: una corriente centrípeta es un reguero de pólvora que va incendiando en su trayecto innúmeros polvorines, ó valgan por tales los núcleos motores de la médula. Cada uno de estos núcleos puede ocasionar una descarga motora refleja; pero en todo caso, la difusión de estos reflejos y el arribo de los impulsos á las partes más altas del cerebro serán proporcionales á la intensidad de los dichos impulsos y á las resistencias que á su tránsito opongan los elementos nerviosos, y, por tanto los efectos variarán según la fuerza del excitante y la disposición de los centros nerviosos. Una excitación de mediana intensidad, v. gr., un dolor de muelas, tendrá energía bastante para arribar al sensorio y para producir reflejos medulares, entre los que se cuentan los aceleradores del ritmo cardíaco, pero no la bastante á vencer la resistencia que oponen los elementos nerviosos que rodean el centro inhibitorio. Sin embargo, la persistencia de

¹ S. Ramón y Cajal.

² Recuérdese que no hay continuidad entre la fibra nerviosa sensitiva y el conductor central.

la excitación puede arrollar todos los obstáculos, y entonces alcanza al centro inhibitorio y se relaja el ritmo. Una excitación violentísima, por ejemplo, el dolor que ocasiona el arrancamiento de un nervio, puede ganar todo el sistema nervioso; y como en este caso la inhibición domina á la aceleración, el paciente cae presa de un síncope ¹.

Excitaciones del centro inhibitorio, de origen cerebral. — El centro inhibitorio de la médula oblongada, no sólo se mueve por estímulos directos y por los que recibe de los nervios centrípetos, sino también por impulsos que vienen del cerebro. Dicho órgano, asiento de las funciones superiores, se vale del bulbo como de un ejecutor y coordinador de sus órdenes, y éstas trascienden á la vida animal (músculos voluntarios) y á la vegetativa (músculos lisos de las vísceras). De donde se deduce que los impulsos cerebrales pueden mover tanto el centro inhibitorio como el acelerador del bulbo. Por ahora, me contraeré á su influencia sobre el primero.

Las corrientes nerviosas cerebrales que actúan sobre los centros gobernadores del corazón originan de la esfera afectiva; al menos no conozco ejemplo de influencia directa de la voluntad sobre el ritmo cardíaco ². Todas las sensaciones dejan un residuo afectivo de simpatía ó antipatía, que se traducen por movimientos de atracción ó repulsión, y en consecuencia se derivan por los conductores centrífugos y llegan al bulbo. Aquí se distribuyen y ordenan según mecanismo preestablecido por herencia y modificado por educación; y ya se descargan por la médula á los músculos voluntarios, ya por el vago á las vísceras. De ellas, ninguna tan aparente como el corazón para interesarse en las emociones, y de aquí que este órgano sea una verdadera caja de resonancia para los afectos.

Para concluir, las corrientes centrífugas de origen cerebral estimulan los centros de la médula oblongada; y cuando el estímulo hiere el inhibitorio, el corazón retarda su ritmo, y se para cuando el choque es intenso (síncope pasional).

¹ También puede producirse el síncope por sideración ó agotamiento.
² Asistiendo á la cátedra de mi inolvidable maestro el Dr. García Carrera, le oí citar á un Capitán inglés que paraba su corazón á voluntad. Ni el narrador daba importancia á la cita, ni yo la he vuelto á ver confirmada. Tarchanoff cita también otro ejemplo.

Excitantes fisiológicos, directos y reflejos, del centro inhibitorio. — Tres son los excitantes que debo mencionar: el *frío*, ó sea la substracción de calor, la presión de la sangre y el ácido carbónico. Los dos primeros actúan sobre el mismo corazón, sobre todos los nervios aferentes y sobre el bulbo; el último, sólo sobre los nervios aferentes y el centro inhibitorio.

Las experiencias para probar la acción inhibitoria de los dichos excitantes son muy fáciles de instituir. Introduciendo el corazón de una rana en un tubo de ensayo, sobre un trozo de esponja húmedo, y sumergiendo el tubo en baños cuya temperatura vaya creciendo gradualmente, se prueba que el número de latidos aumenta desde los 5° á los 30°. La aceleración es tan notable, que alcanza á doblar el número de latidos en un minuto. Por el contrario, van menguando si se procede en sentido inverso, y llega á paralizarse el corazón en la rana de primavera cuando la temperatura llega á 0°.

La acción sedante del frío sobre los movimientos cardíacos es un hecho de observación vulgar y diaria en el hombre. Con razón se ha dicho que el calor es la vida.

La relación entre la presión de la sangre y los latidos cardíacos fué establecida hace mucho tiempo por Marey en el siguiente principio: «Los latidos cardíacos están en razón inversa de la presión de la sangre.»

La presión de la sangre en el corazón produce una corriente centripeta que es llevada al bulbo por el vago, y después de reflejada en el centro inhibitorio, se hace efectiva por las fibras centrifugas del mismo nervio. En un corazón aislado, de rana ó de tortuga, la presión dentro de ciertos límites actúa como excitante del ritmo; mas cuando es excesiva, retarda y suspende por inhibición los movimientos. En estos casos la acción tiene por centro los mismos ganglios cardíacos.

Por último, si se somete la circulación encefálica á una presión extraordinaria, ya por la ligadura de la aorta abdominal, ora inyectando agua por las carótidas, la inhibición se ejerce, á causa del estímulo directo del bulbo.

Centros aceleradores medulares. — Ya hemos reconocido en la médula oblongada un centro cuya excitación acelera los latidos cardíacos, y también quedó sentado que los impulsos

aceleradores se conducían por la médula y los ganglios del simpático para llegar al corazón.

Pero la médula no es simplemente un conductor, sino que posee ganglios y por ellos influye directamente sobre el ritmo cardíaco en ausencia de toda intervención del bulbo. En efecto, si con una sección separamos el bulbo de la médula y excitamos después su porción cervical, los movimientos cardíacos se aceleran y la presión de la sangre crece mucho. Esto último nos hace sospechar si la aceleración del ritmo se debe al aumento de presión, el cual, á su vez, se produce por una excitación de los nervios vaso-motores que parten de la médula. Para descartar dicho factor conviene seccionar los nervios esplánicos, cuya sección paraliza los vasos del abdomen y determina un rápido descenso de la presión de la sangre por disminución de las resistencias. Entonces la excitación de la médula acelera los latidos, sin que la tensión arterial se reponga.

Persiguiendo ahora el trayecto de los impulsos aceleradores que hacen estación en la médula hasta llegar al corazón, nos hallamos con datos anatómicos bastantes para afirmar que no puede ser otro que el simpático, porque entre la médula y el plexo cardíaco no se cambia un filete sin el intermedio de los ganglios cervicales y torácicos. La experimentación fisiológica conviene en este punto con las disecciones, y se ha demostrado que la excitación del cordón cervical del gran simpático, la de los ganglios cervical inferior y primero torácico y la de las ramas comunicantes entre la médula y los referidos ganglios, producen aceleración del ritmo. Por eso llamó Cyon nervio acelerador cardíaco á un haz de fibras que, partiendo de la médula, atraviesan el ganglio cervical inferior y el primero torácico, y van á perderse en el plexo cardíaco. Después, Franck y otros han extendido el título de aceleradores á todos los filetes que reciben de la médula el ganglio cervical inferior y los primeros torácicos, los cuales emergen con las raíces anteriores, desde el cuarto par cervical en adelante.

La aceleración que se obtiene excitando las diversas partes que he mencionado, dista de ser un fenómeno tan aparente como la inhibición por estímulo de los vagos. Sobre que la aceleración es muy poco notable en ciertos

animales, se complica con los efectos causados por los destrozos operativos; porque, como antes dije, para recoger lo que en puridad corresponde á la médula y al simpático, es preciso dar un corte entre aquélla y el bulbo, seccionar los vagos y los esplánicos y hacer la trequeotomía para mantener la respiración artificial. Añádase á esto que los efectos son tardíos y que muchas veces aparecen cuando se ha retirado el excitante.

La sección del simpático en el cuello, la de las raíces medulares que van á los ganglios, y aun el arrancamiento de éstos, no retardan el ritmo, lo cual quiere decir que la influencia inhibitoria del vago no es constante, pues si lo fuera, la anulación del poder excito-motor de la médula la dejaría sin antagonista y el retardo sería un hecho.

Los centros aceleradores de la médula dependen del bulbo. — Evitaría este postulado con sólo referirme á cuanto llevo dicho sobre la supremacía del bulbo respecto de la médula; pero como se trata de una afirmación aún no vulgar en la ciencia, y en ella me he de apoyar para exponer la teoría de la inervación cardíaca, creo pertinente añadir que, según las modernas investigaciones, las fibras aceleradoras que presta la médula al corazón vienen del bulbo y sólo hacen tránsito en los núcleos de las astas anteriores, quizá para reforzar la acción, en tanto las células son pilas de energía nerviosas.

Los centros aceleradores son reflejos. — Tengo por indudable esta afirmación, y no he de extenderme mucho para justificarla, después de haberme explicado con suficiente latitud cuando traté de los reflejos inhibitorios.

Además, la solidaridad entre los centros aceleradores cardíacos y los vaso-motores en la médula, y la dependencia entre el inhibitorio y el acelerador del bulbo, complican los resultados de la experimentación é impiden que trace un cuadro de estos reflejos tan preciso como deseara.

El centro acelerador del bulbo y los núcleos medulares al servicio de aquél, pueden ser estimulados por los nervios sensitivos, y, en consecuencia, los impulsos proceden de todas las regiones del cuerpo. Si se trata de

los nervios de sensibilidad general, la conexión con la médula se verifica á favor de los ganglios raquídeos; si de los de sensibilidad especial, por intermedio de los pedúnculos cerebrales y de la protuberancia; y, en fin, algunos de ellos se reciben directamente por el bulbo. En el primer caso, los impulsos aceleradores pueden hacerse ejecutivos en la médula, sin alcanzar ó alcanzando el centro bulbar; en los dos últimos, la orden á los núcleos medulares se da por el bulbo; y en toda ocasión, la corriente centrífuga se transmite al corazón á través de los ganglios del simpático.

No se crea que se dan impulsos nerviosos especialmente aceleradores, como tampoco los hay inhibitorios; lo que sucede es que las corrientes centrípetas, al llegar á los ganglios centrales, se derivan en distintas direcciones, según las resistencias que encuentran: en una palabra, los efectos no son relativos á la calidad de los impulsos, sino á la administración que de ellos hacen los centros nerviosos; y así, cuando la corriente centrífuga se envía por el vago, resulta inhibitoria; y si por el simpático, aceleradora.

Lección XXXVII

Inervación del corazón (Conclusión).

Sumario: Nervios sensibles del corazón. — Funciones del nervio depresor: efectos de su excitación. — Nervio exaltador. — Fibras aferentes al centro respiratorio. — Paralelo entre los reflejos cardíacos y los vasculares. — Teoría de la inervación cardíaca. — Del corazón como órgano de expresión para los afectos. — Historia evolutiva de la inervación cardíaca.

Nervios sensibles del corazón. — Como todas las vísceras, el corazón eleva constantemente á los centros nerviosos las noticias de su existencia y normalidad, amén de las solicitudes nacidas en el curso de sus funciones ¹. De ordinario estas noticias no ocupan al sensorio, sino que se reciben y despachan por el bulbo, traduciéndose á la postre por impulsos centrífugos que van á descargarse sobre los músculos respiratorios y vasculares: así se conciertan los sístoles cardíaco, torácico y vascular.

Ni aun en el estado patológico recibe la conciencia sensaciones claras de los afectos cardíacos, porque siempre revisten un carácter sombrío, deprimente, aterrador é indefinible: un dolor de muelas es más intenso y alborota más el sensorio; pero un dolor cardíaco entristece y lleva á la melancolía y al temor de

¹ La armonía fisiológica no se consigue sino mediante la justa adecuación entre las corrientes centripetas, que llevan al sensorio las impresiones normales de todos los órganos, y las centrifugas, que determinan las reacciones motoras saludables. La expresión sensitiva ocasionada por las primeras, la nombra el eximio Letamendi *Eusthesis*, de *eu*, bien, *αἰσθήσις*, sensación; y á la motora *Euforia*, de *eu*, bien, y *φορέω*, llevar.

la muerte, sin que baste á contrarrestarlo el ánimo más esforzado. Con razón merece el nombre de *vago* el nervio pneumogástrico.

Los conductores centrípetos que llevan al bulbo las impresiones nacidas en el corazón, van de ordinario con el pneumogástrico, al menos en el hombre; pero no es imposible que algunos de ellos vayan por el simpático y la médula, como sucede en el conejo.

La observación médica hace muchos siglos que tiene descontada la sensibilidad del corazón, como lo prueban las tendencias experimentales que se nos refieren de la antigüedad. En el siglo xvii Guillermo Harvey tuvo oportunidad de tocar el corazón humano, en el Vizconde de Montgomery, que lo presentaba al descubierto por causa de una herida, y resultó que esta viscera no era sensible á las impresiones de contacto.

La historia experimental de los conductores centrípetos del corazón es de nuestros días. Á Cyon y Ludwig se deben los primeros pasos, que dieron luego motivo á las investigaciones de Cl. Bernard, Marey y Franck. Los dos primeros descubrieron en el conejo un nervio, que antes de perderse en el pneumogástrico posee individualidad anatómica: dicho nervio lleva el nombre de Cyon, y también el título de *depresor*.

Funciones del nervio depresor. — Este nervio no merece el nombre de tal en la economía humana, porque no existe independiente; pero permanece en la Fisiología como símbolo de un grupo de fibras aferentes que, partiendo del corazón, llegan al bulbo para excitar á los centros que inhiben las contracciones cardíacas y las de los músculos vasculares; por eso se llama depresor. En los animales, la excitacion del cabo periférico del nervio depresor, previamente seccionado, no produce efecto alguno, lo cual nos asegura de que no posee fibras motoras; pero la excitación del cabo central determina un triple efecto, á saber: 1.º Dolor, que expresan los animales con sus gritos. 2.º Retardo del ritmo cardíaco. Y 3.º Baja extraordinaria de la presión de la sangre. El dolor se explica por el alcance de los impulsos nervio-

sos al cerebro, y produce reflejos, que se manifiestan por inquietud de los animales. El retardo del corazón depende del estímulo del centro inhibitorio del bulbo, y se realiza por los nervios pneumogástricos; no tiene lugar cuando con antelación se seccionan dichos nervios.

La baja de la presión de la sangre se debe á una parálisis inhibitoria de los músculos de los vasos, en especial de los del abdomen ¹; y buena prueba de ello, que la depresión se impide con cualquiera de estos recursos. *A.* Ligando previamente la aorta abdominal. *B.* Seccionando la médula en la región cervical. *C.* Seccionando los nervios esplánicos. *D.* Seccionando los dos primeros pares dorsales (Cl. Bernard).

Los hechos anteriores prueban que las fibras del nervio depresor van á conectarse en el bulbo, con un centro que inhibe el tono de los vasos, de la misma suerte que el centro de los vagos inhibe los movimientos del corazón. Del primero parten conductores centrífugos que llegan á los vasos del abdomen por la médula, raíces anteriores de los pares dorsales, nervios esplánicos y plexos mesentéricos. Estos conductores llevan la acción inhibitoria á los ganglios de las paredes vasculares y hacen el camino por etapas.

El nervio depresor procede, en el conejo, del plexo cardíaco, y se dirige al ganglio cervical inferior del gran simpático, juntamente con las fibras aceleradoras ²; desde allí caminan hacia arriba las que van á constituir el nervio de Cyon, y se colocan profundamente por detrás y por dentro de la carótida; luego se terminan por dos manojos, uno que va á perderse en el laríngeo superior, y otro en el tronco del vago. Si en un conejo, previas las formalidades operatorias que no son del caso, separamos la carótida con un gancho obtuso, veremos tres nervios casi paralelos: el más externo es el vago, y de los internos, uno es el depresor y el otro el simpático; se reconoce el depresor en que es el más interno y el más delgado; pero en caso de duda hay que disecarlos hacia arriba, por donde el depresor termina, como se ha dicho, en el laríngeo, y el simpático en el ganglio cervical superior. El laríngeo se reconoce por su dirección, y porque pellizcado chilla el animal, cosa que también ocurre si se pellizca el nervio depresor ó de Cyon.

1 La parálisis de los vasos del abdomen, como se ha dicho, induce una hiperemia por disminución de las resistencias, ó valga por dilatación vascular y baja en la presión media de la sangre.

2 Nervio acelerador de Cyon: es centrífugo, y, por tanto, los impulsos caminan en dirección opuesta á los del depresor.

Nervio exaltador.— Opongo este epíteto al de depresor, que merece el nervio de Cyon, para designar otras fibras aferentes que, á partir del órgano cardíaco, van á terminarse en el centro acelerador del bulbo. La excitación de estas fibras ocasiona la aceleración del ritmo del corazón, y, por tanto, son antagónicas á las que dejamos estudiadas.

Muy mal deslindado está por la experimentación el trayecto que siguen los impulsos exaltadores: á juzgar por unos experimentos, caminan por el tronco del pneumogástrico; ateniéndose á otros, parece que van por el simpático á la médula, y de ésta al bulbo. Probablemente irán por una y otra vía.

Fibras aferentes al centro respiratorio.— Franck, irritando las cavidades del corazón con el hidrato de cloral y otras sustancias, observó que el ritmo respiratorio se retardaba, á la vez que los movimientos se hacían más profundos. Estos efectos se producen á pesar de la sección del nervio depresor, pero se imposibilitan por la de los vagos en la base del cráneo. De aquí dedujo el fisiólogo citado la existencia de fibras aferentes, cuya misión era modificar el ritmo respiratorio. Por mi parte, encuentro tan aceptable esta conclusión, que si no la debiéramos á los hechos, sería preciso inventarla. ¡Tal es la solidaridad que la observación enseña entre los movimientos cardíacos, vasculares y respiratorios!

Paralelo entre los reflejos cardíacos y los vasculares.— Así como al tratar del análisis de los motores circulatorios opuse el sístole cardíaco al diástole vascular, y viceversa, debo oponer ahora los reflejos inhibitorios, que retardan ó paralizan el corazón, á los que suspenden el tono de los vasos. Sazón es esta para servirnos con nuevo y mayor éxito del esquema que propuse en la lección XXXII; y al efecto recuérdese que, para que una de las peras de cautehuc del aparato esquemático se

contraiga (sístole), es preciso que la otra esté relajada (diástole); mas para que este juego alternado se verifique con regularidad, menester es que esté gobernado por algún mecanismo automático. Semejante conexión existe, y tiene por centro el bulbo y por ejecutores los dos arcos reflejos inhibitorios que hemos estudiado en detalle.

El primer arco reflejo tiene por conductores centrípetos todos los nervios aferentes, incluso los de los vasos; por centro, la médula oblongada; por conductores centrífugos, las fibras inhibitorias del vago; por forma de acción, la inhibición; y por efectos, el retardo del ritmo y la baja en la presión de la sangre. Sirve en el ritmo normal para hacer efectivo el diástole cardíaco mientras se cumple el sístole vascular.

El segundo arco tiene por conductores centrípetos las fibras del nervio depresor; por centros, los inhibitorios del bulbo (cardíaco y vascular); por conductores centrífugos, los nervios inhibitorios del corazón y del tono vascular; por forma de acción, la inhibición; y por efectos, la baja en la presión de la sangre (diástole vascular) y el retardo del ritmo cardíaco. Funciona en el ritmo ordinario, para hacer efectivo el diástole de los vasos durante el sístole ventricular.

Mas donde se emplean estos arcos reflejos con éxito providente para el mecanismo circulatorio, es en las oscilaciones extremas fisiológicas y en los disturbios patológicos. Que la presión de la sangre en las cavidades cardíacas sea excesiva, grande el esfuerzo para contrarrestarla, é inminente el riesgo en la lucha: entonces surge un impulso centrípeto, que como grito de alarma llega al bulbo por el nervio de Cyon, y luego se torna reflejo, en baja de las resistencias y alivio del ritmo: doble favor que permite el restablecimiento de la normalidad. Que, á la inversa, la presión es excesiva en las secciones periféricas del círculo: inmediatamente se engendran impulsos que se reflejan en el centro inhibitorio de la médula oblongada, moderando las contracciones del corazón. En ambos ejemplos, la presión de la sangre descende: en el primero, por disminución de las resistencias; en el segundo, por aflojamiento de la potencia. Tipo patológico en el

primer caso, la intoxicación con el nitrito de amilo; en el segundo, el *shock* traumático ¹.

Teoría de la inervación cardíaca.—Á raíz de los experimentos de Weber y Bezold, respectivos á la acción inhibitoria del vago y á la aceleradora de la médula y del simpático, se instituyó una doctrina sobre la inervación cardíaca, que ha llegado con reputación de clásica hasta nuestros días. Los movimientos del corazón, según esta teoría, son equiparables á los de un corcel que lleva en sí la causa motora, pero subordina sus propios impulsos á la voluntad del jinete. El sistema nervioso, jinete en este supuesto, se vale del pneumogástrico como de un freno, y del simpático á guisa de espuela; de donde se sigue un antagonismo entre las funciones del bulbo, gobierno del freno, y las de la médula, armadura de la espuela.

Las primeras objeciones á este modo de comprender la inervación cardíaca vinieron de las discordias experimentales, de las que resultaba el freno muchas veces espuela, y ésta freno ²; pero el golpe de gracia lo recibió la teoría con los descubrimientos de un centro acelerador en el bulbo—que se juzgaba asiento exclusivo de la inhibición—y de las fibras aceleradoras que el mismo centro envía al corazón, á través de la médula y del simpático.

Jamás hubieran llegado á este fracaso los autores de la doctrina clásica si se fijaran en que la médula depende del bulbo, y que no caben antagonismos con efectos permanentes sino cuando la categoría de los antagonistas es igual; pues no siéndolo, siempre acaba por declinar el subordinado ante el superior. Mas seducidos por los primeros éxitos, los fisiólogos no quisieron, ó no pudieron levantar la vista y atender cómo las funciones emo-

¹ El nitrito de amilo suspende casi instantáneamente el tono de los vasos y obra como la excitación del nervio depresor. El *shock* arroja los mismos efectos que el experimento de Goltz, citado en la lección última.

² Aludo á las fibras aceleradoras, que puede llevar el pneumogástrico, y á las inhibitorias, que suelen ir con la médula y el simpático.

cionales tanto aceleran como retardan, tanto levantan como deprimen los latidos del corazón.

En realidad, la médula oblongada domina completamente los movimientos cardíacos, y, menos la iniciativa, todo le compete. El bulbo es dueño de abreviar ó alargar los sístoles y los diástoles; de variar el ritmo, compensando con la intensidad de la contracción la pérdida de tiempo, ó viceversa; de aumentar ó disminuir las resistencias que se oponen al círculo (nervios vasomotores), y de favorecer ó estorbar el trabajo del corazón, influyendo sobre los movimientos respiratorios ó sobre los generales de los músculos voluntarios. Para mover tan diversos y opuestos mecanismos, no tiene sino dirigir los impulsos en esta ó la otra dirección, á la manera como á un director de orquesta le basta señalar con la batuta, para que los sonidos de tales ó cuales instrumentos den las notas que se les piden. Pero á su vez el bulbo carece de iniciativa, y nunca es responsable de las órdenes que transmite; por el contrario, cumple exactamente las excitaciones del cerebro y atiende las solicitudes de los órganos.

Del corazón como órgano de expresión para los afectos. — El corazón viene á ser una caja de resonancia para los residuos motores que dejan tras de sí los pensamientos, las voliciones y los apetitos, y en esta caja vibran y resuenan aquellos residuos, conmoviéndola hasta en sus fibras más recónditas. Empero nada puede ocurrir en el corazón sin que vaya á reflejarse en el cerebro, y este eco, confuso aunque localizado, grave sin intensidad, imponente sin gárrula é iniciativo por necesario, trasciende al sensorio é infunde en el individuo ánimo ó desaliento, tristeza ó alegría, euforia ó malestar, y siempre con referencia al corazón. En este doble cambio, el bulbo funciona como punto de cruce y administrador de los impulsos; y el obscurísimo nervio vago y el no menos misterioso gran simpático, como conductores en la doble dirección centrifuga y centripeta.

Dígame, después de esto, si son frases vacías las empleadas en el lenguaje para significar el papel del corazón como órgano expresivo de los afectos.

Historia evolutiva de la inervación cardíaca. — Á poco del nacimiento empieza la vida del cerebro, y no completa su desarrollo hasta la edad adulta; lo cual indica que el poder inhibitorio se alumbra en la infancia y llega á la cúspide de su influencia en la madurez. Así es, en efecto: si en un animal recién nacido excitamos el pneumogástrico, el retardo es muy poco notable, aunque la excitación sea bastante intensa; y si le seccionamos, no se produce aceleración; en cambio, la excitación de la médula ó del simpático determina la aceleración muy marcada. En un animal adulto, á igualdad de estímulos aplicados al simpático y al pneumogástrico, domina la inhibición al aceleramiento. Dastre y Morat lo han demostrado aplicando un mismo excitante, la sangre asfíxica, á los dos nervios.

No he de advertir que, existiendo un abismo de diferencia entre la vida cerebral de los animales y la del hombre, en este último la influencia inhibitoria del bulbo debe ser muy superior á la que demuestran las vivisecciones.

Leccción XXXVIII.

Inervación de los vasos.

Sumario: Inervación de los vasos.— Nervios vaso-motores.— Efectos de la excitación y arrancamiento del ganglio cervical del gran simpático.— Origen, curso y terminación de los nervios vaso-motores.— Centros vaso-motores.— Experimento de Vulpian.— Del bulbo como centro vaso-motor.— Localización del centro tónico en el bulbo.— Curvas de Traube-Hering.— Nervios vaso-dilatadores.— Teoría de su acción.— Trayecto de las fibras vaso-dilatadoras.— Experimentos de Goltz.— Teoría de la inervación de los vasos.

836
Inervación de los vasos.— Los músculos de las paredes vasculares, como el corazón, llevan en sí el artificio de sus movimientos; pero muestran menos autonomía que éste, dado que sus contracciones se suspenden bruscamente cuando les falta el estímulo de los nervios motores. Así, pues, el gobierno de los vasos por el sistema nervioso es más absoluto y necesario que el del corazón.

Como preparación al juicio que vamos á establecer acerca de la inervación de los vasos, debo recordar. 1.º Que los músculos vasculares, por su disposición en capas concéntricas, sólo pueden dar un efecto: el estrechamiento del vaso. 2.º Que dichos músculos se encuentran en el estado normal en un grado medio de tensión, llamado tono, que mantiene en lo justo y conveniente el calibre del tubo, á despecho de la presión de la sangre. 3.º Que no hay más que una fuerza dilatante, la presión hidráulica del líquido que circula. Y 4.º Que, supuesto el estrechamiento, fun-

ción vital de los músculos, y la dilatación, función física ó hidráulica, *toda estrechez de calibre supone trabajo vivo ó fisiológico; y la dilatación, vencimiento de la energía viva por las fuerzas físico-generales.*

Nervios vaso-motores.— Originan de las células motoras y conducen á las fibras musculares de los vasos, la influencia nerviosa precisa á mantener su contracción tónica, y los impulsos determinantes de las contracciones peristálticas. Son, pues, centrífugos y vaso-constrictores, como se prueba seccionándolos y excitando luego el cabo periférico: en el primer caso, los elementos contráctiles ceden por parálisis á la presión de la sangre y los vasos se dilatan; en el segundo, luchan con la fuerza hidráulica, la vencen, y los vasos se estrechan. Á veces son poderosas las contracciones para impedir temporalmente el círculo en aquellos tubos que, como las arteriolas y venillas, se distinguen por su riqueza en fibras musculares.

Para demostrar la acción de los nervios motores, desde Cl. Bernard se acostumbra á excitar y arrancar después el ganglio cervical superior del gran simpático. Este experimento, de práctica frecuente en nuestro laboratorio, se verifica en los conejos y en los perros. En los primeros el ganglio es muy pequeño y se encuentra precisamente al nivel de la bifurcación de la carótida primitiva, detrás del músculo estilo-hioideo, y sirve de guía para encontrarlo el nervio hipogloso que cruza por delante. Al efecto, se hace una incisión en la parte media del cuello, se busca el paquete vásculo-nervioso, y encontrado éste se aísla el tronco del simpático y se le sigue hasta el ganglio.

En los perros, el vago y el simpático forman un solo cordón nervioso, que hay que seguir hacia arriba, en donde se encuentran dos abultamientos ganglionares: uno interno, muy voluminoso, que es el ganglio plexiforme del vago, y otro externo, más pequeño, que es el cervical superior. No obstante ser más visible este último en los perros que en los conejos, no deja de ofrecer dificultades su disección, porque se encuentra profundamente colocado en la región prevertebral, cerca de la base del cráneo, y hay que operar casi á tientas, porque la mandíbula limita el campo de la operación.

La excitación del ganglio cervical superior ó de sus ramas eferentes produce, tanto en los conejos como en los perros, los tres siguientes efectos: 1.º, contracción de los vasos en la región buco-facial del lado correspondiente; 2.º, contracción de la pupila; y 3.º, retracción del globo del ojo al fondo de la órbita.

El arrancamiento del ganglio produce los tres efectos opuestos (congestión, dilatación de la pupila y propulsión del globo del ojo), y de ellos el más notable y persistente es la congestión, visible sobre todo en los vasos de la oreja de los conejos, que pueden observarse al trasluz. La oreja, no sólo se pone más roja, sino que su temperatura excede en uno y medio á tres grados centígrados á la del lado opuesto.

La congestión dura seis ú ocho días, y cada vez va siendo menos notable, hasta que al cabo los vasos recobran su calibre normal, sin que el ganglio se regenere.

Ganglios locales de los vasos. — Aún está en tela de juicio para la Anatomía la existencia ó ausencia de ganglios locales en las paredes de los vasos; pero mientras los histólogos completan sus investigaciones, bueno es hacer constar que, fisiológicamente, esos ganglios deben existir, ó no sabremos explicarnos los hechos siguientes, que acreditan la función de un mecanismo nervioso localizado al mismo vaso.

1.º La parálisis de los vasos por sección de los nervios vasomotores es brusca, pero no permanente. Al cabo de más ó menos tiempo, *y sin que se regenere el nervio ni pueda ser suplido por otro*, el vaso recobra su tono y todo vuelve á la normalidad. No parece sino que, á falta insólita de inervación central, el mecanismo nervioso localizado se anula por sorpresa; mas al fin vuelve por sus funciones y se basta á mantener el tono de los vasos.

2.º La acción de los nervios inhibitorios del tono de los vasos, que luego describiremos, está reclamando elementos nerviosos periféricos, pues sin su oficio la inhibición es imposible.

3.º Los vasos son impresionables directamente, y estas impresiones no pueden transformarse en impulsos centrípetos si no hay un elemento nervioso que opere la transformación. Heger ha demostrado la impresionabilidad de los vasos, seccionando un miembro á un mamífero hasta dejarlo pendiente del cuerpo sólo por el nervio: en estas condiciones, la inyección de sustancias irritantes en los vasos determinaba reflejos convulsivos en el animal.

4.º En los vasos completamente aislados del sistema nervioso, se observan contracciones rítmicas en relación con las variaciones introducidas artificialmente en la presión de la sangre.

Por todo lo cual, me creo facultado á admitir provisionalmente la existencia de ganglios locales, ínterin declaran nuevos hechos.

Inclinado por las investigaciones fisiológicas á admitir ganglios locales en los vasos, interrogué al Dr. Cajal, pidiéndole su opinión, y este ilustre compañero, deferente una vez más á mi ruego, me dice lo que puntualmente transcribo:

«En las arterias pequeñas del páncreas he visto células ganglionares estrelladas, análogas á las que se encuentran en la trama intersticial de aquél órgano; pero la dificultad de teñirlas no permite hoy generalizar su existencia á todas las arterias.»

Origen, curso y terminación de los nervios vaso-motores. — Son cilindros-ejes de las células motoras de los ganglios centrales del simpático, de la médula y del bulbo raquídeo. Estos cilindros-ejes se agrupan en sentido inverso al orden en que los he citado, y así los del bulbo van á la médula á reunirse con los medulares, juntos salen por las raíces anteriores y van á los ganglios centrales del simpático, y allí se completan con los que las células ganglionares producen. Si con la imaginación fundiéramos en un solo haz todos los nervios vaso-motores, nos resultaría una cola de caballo cuyo vértice caudal estaría en el bulbo y la base del pincel en los vasos; en una pa-

labra, los nervios vaso-constrictores se van multiplicando desde su origen primero en la médula oblongada hasta su terminación en los vasos.

Hay una región de la médula predilecta para producir nervios vaso-motores: la región torácica, en un trayecto comprendido entre los abultamientos braquial y crural. De esta región nacen casi todos los nervios vaso-motores que presta la médula, y, naturalmente, han de ascender los que se dirigen á la región supra-torácica, y descienden los que van á la infra-diafragmática.

He aquí algunos trayectos regionales. Los nervios vaso-motores de la cabeza emergen de la parte superior de la médula torácica, hacia el quinto par dorsal, salen con las raíces anteriores correspondientes é ingresan en el cordón del simpático hasta el ganglio cervical superior: de éste van al de Gaserio, y allí se reunen con las fibras vaso-motoras que suele llevar el trigémino, para distribuirse luego por los vasos de la cabeza.

Los vaso-motores que van al miembro superior nacen también en la médula torácica, casi al nivel de los anteriores: los del tórax, de la parte media de la misma región, entre la séptima y octava vértebra dorsal, y para los pulmones y el corazón los lleva el pneumogástrico y proceden probablemente del bulbo.

Los abdominales, más importantes por su número que en las demás regiones, nacen también de la parte media de la médula dorsal y caminan, con los nervios esplánicos mayor y menor, á los plexos viscerales ¹.

Hacen excepción al cuadro geográfico que acabo de apuntar: los nervios vaso-motores, que originan en el bulbo y emergen con los nervios, vago, trigémino, intermedio de Wrisberg, facial y glossofaríngeo. También son excepciones algunos nervios vaso-dilatadores que, según Stricker y Morat, salen con las raíces posteriores y acompañan á los nervios sensitivos, el ciático, v. gr.

1 Los nervios esplánicos son formados por las ramas eferentes inferiores de los ganglios torácicos del simpático. El mayor nace por cuatro ó cinco raíces de los ganglios medios, desciende y atraviesa el diafragma por un orificio especial, y se termina en el abdomen, en el ángulo externo del ganglio semilunar correspondiente. El esplánico menor arranca de los tres últimos ganglios dorsales, atraviesa el diafragma y se divide, en el abdomen, en tres ramas, que van respectivamente al ganglio semilunar, al plexo solar y al renal.

Todos los nervios vaso-constrictores, sin ejemplo en contrario, atraviesan un ganglio antes de terminarse definitivamente en los vasos. Respecto á la terminación, las opiniones son varias y el acierto dudoso: es probable que se terminen en ganglios locales incrustados en la misma pared vascular, y que dichos ganglios valgan por placa motora ó aparato inductor de la contracción y de intermediarios entre los filetes excito-motores y los inhibitorios, para que la inhibición pueda tener efecto.

Centros vaso-motores. — Se concede impropriamente esta denominación á todos los núcleos ganglionares que producen nervios excito-motores de la contracción vascular, que administran los impulsos centrífugos emanados de otros jerárquicamente superiores, y en los cuales tiene lugar la conversión refleja de corrientes centrípetas que vienen de los órganos, en excitaciones vaso-motoras (reflejos vasculares). Como quiera que esta triple función corresponde á los núcleos de substancia gris que se encuentran en el bulbo, médula y ganglios centrales y periféricos del simpático, es preciso extender el dictado de centro á todos ellos, y esta pluralidad suprime la preeminencia que el tal calificativo pudiera contener.

En prueba de que los pretendidos centros dependen unos de otros y sólo gozan de autonomía relativa, quiero dar cuenta de un experimento de Vulpian que demuestra cómo se escalonan jerárquicamente, aumentando de radio su influencia á medida que decrece en intensidad.

La sección de la médula oblongada en su unión con la cervical produce parálisis de los vasos de todo el cuerpo, con baja extraordinaria en la presión de la sangre. Si después se siguen haciendo secciones de arriba abajo en la médula espinal, la dilatación de los vasos se va acentuando en las regiones que quedan por debajo de las secciones; pero la pérdida del tono vascular no es completa hasta que se seccionan los nervios vaso-motores particulares, ó mejor, cuando se arrancan los ganglios periféricos. El experimento adquiere una gran apariencia cuando se hace morir al animal por hemorragia, previo arrancamiento del ganglio lingual en un lado: si entonces se examina la lengua, se ve la mitad correspondiente al ganglio que

falta, de color de escarlata, mientras la otra, de puro pálida, está blanca. Y es que los vasos, totalmente inertes por la privación del ganglio, no han sido parte para desahogarse de la sangre, y los congéneres aún conservan tono para quedar vacíos antes de la muerte.

L 37 **Del bulbo como centro vaso-motor.** — El carácter que asigné á la médula oblongada en la inervación cardíaca, lo conserva en la vaso-motora; y corro el peligro de repetirme, si no me limito al análisis de los hechos.

El bulbo, en efecto, juega un doble papel en la inervación vascular. Como foco tónico, es el más elevado, el más universal y el más céntrico. Como gobierno de los vasos, él administra y distribuye los impulsos centrífugos que recibe del cerebro, y los centrípetos, que le llegan de todas partes; pero centro inervador, al mismo tiempo, para los movimientos respiratorios y cardíacos, concierta todos ellos con los vasculares, según demuestran los trazados ó curvas de Traube-Hering.

En suma: el bulbo es el cuartel general en donde se determinan y acordan todos los movimientos sistólicos que influyen en la circulación de la sangre ¹.

Localización del centro tónico-vascular en el bulbo. — En ausencia de la intervención del cerebro, el bulbo se basta á mantener y conservar el tono de los vasos. Así al menos se deduce de la experiencia, en cuanto toda sección ó destrucción que aisle el bulbo del resto del encéfalo no altera el calibre de los vasos; y en cambio, la excitación del bulbo ó su sección por bajo del *calamus scriptorius* determinan respectivamente aumento en el tono y parálisis vascular. Sentada esta afirmación, es lógica la tendencia de localizar el foco de inervación tónica; pero las dificultades son insuperables, dado que el bulbo es una encreujada de fibras con multitud de núcleos grises, distribuidos

¹ Véase en la lección XXXII *Recapitulación*.

en tan breve espacio, que apenas cabe su descripción metódica ni es posible limitar las lesiones ó estímulos experimentales.

Ludwig y Owsjannikow se creyeron con derecho, después de sus experimentos en el conejo, á localizar el centro vaso-motor á ambos lados de la línea media sobre la prolongación del cordón lateral de la médula en el bulbo, y extendido verticalmente, desde la parte superior del suelo del cuarto ventrículo hasta cuatro ó cinco milímetros por encima del *calamus scriptorius*. La excitación de este pequeño territorio producía, según los referidos autores, estrechamiento de los vasos con aumento correlativo en la tensión arterial, y su destrucción, los efectos opuestos.

No conozco investigación clínica que autorice á localizar el centro vaso-motor en el hombre, y, por tanto, he de limitarme á lo que arrojan las vivisecciones y á los datos que suministra la Anatomía humana. De unas y otros conjeturo que el centro vaso-motor es doble y debe encontrarse en la prolongación en el bulbo de las astas anteriores de la médula, las cuales comprenden todo el sistema centrifugo ó motor. Tal vez sea vaso-motora la *columna delgada de Clarke*, que, como es sabido, forma la continuación en el bulbo del *tractus lateralis* de la médula.

El centro tónico del bulbo es automático; pero al mismo tiempo subordina la intensidad de sus impulsos á los que recibe del encéfalo y á los que le llegan por los nervios centripetos. (Reflejos vasculares.)

El poder automático del centro vaso-motor se demuestra por el análisis de las curvas de Traube-Hering. Consisten en dos series de curvas paralelas, obtenidas á la par de los movimientos respiratorios y de las oscilaciones en la presión arterial. Dichas curvas enseñan que por el bulbo se determinan dos clases de impulsos rítmicos: unos respiratorios, que producen los movimientos de inspiración y expiración, y otros vasculares, que ocasionan las alternativas de contracción en los vasos, principalmente de las arterias. Hacia el final de la inspiración comienzan á contraerse las arterias (sístole arterial), y la presión, que había bajado por el acto inspiratorio, comienza á elevarse de nuevo, combinación felicísima para el movimiento de la sangre, porque arroja al mismo tiempo disminución de las resistencias — que vale por aumento de velocidad — y crecimiento de la potencia motora, que hace elevar la presión. Y á la inversa: al final de la expiración, cuando á consecuencia del sístole torácico la presión de la sangre, por excesiva, amenaza la normalidad del círculo, comienza á aflojarse el tono de los vasos y disminuyen las resistencias: con lo cual, la

energía impelente, amenazadora como presión, se torna benéfica en aumento de velocidad.

Nervios vaso-dilatadores. — Schiff tuvo la infeliz ocurrencia de dar este nombre á los nervios que inhiben el tono de los vasos. Tal apelativo parece indicar una dilatación activa del vaso, cuando precisamente ocurre lo contrario: la dilatación vascular, como todos los diástoles, se verifica á impulsos de una fuerza física, la presión de la sangre, y supone vencimiento de la energía viva contráctil, según tengo dicho. Los nervios vaso-dilatadores son á los músculos vasculares lo que las fibras centrífugas del vago al músculo cardíaco, y, en su virtud, les daremos el nombre de inhibitorios.

Teoría de la acción de los nervios vaso-dilatadores. — Los nervios de este nombre inhiben el tono de los vasos, y, por tanto, son centrífugos é inhibitorios.

Á esta conclusión se llega por exclusión de las diversas hipótesis que se han propuesto, visto que no hay fibras musculares cuya contracción pueda dilatar los vasos.

En ciertas dilataciones activas, v. gr., la de los órganos erectiles, el mecanismo parece ser más complicado, como luego veremos.

Trayecto de las fibras inhibitorias del tono vascular. — Las fibras inhibitorias son centrífugas, y, por tanto, cilindros-ejes de las células del sistema motor de la médula y del bulbo (astas anteriores). Estas fibras emergen de la médula con las raíces anteriores, y del bulbo con las raíces motoras de los nervios correspondientes, y van á los ganglios centrales del simpático. En estos ganglios se terminan algunas de las fibras, actuando de inhibitorias para el centro tónico que ellos representan, y otras (la mayoría) los atraviesan y se terminan en los ganglios periféricos, incluso en los que se suponen en las

propias paredes de los vasos. En el trayecto que media entre los ganglios de la cadena y los vasos, las fibras inhibitorias van incluidas en los plexos (las menos), en los nervios motores, en los mixtos y en los sensitivos.

Á juzgar por los experimentos de Stricker y Morat, ya citados, algunas fibras inhibitorias pueden emerger de la médula con las raíces posteriores é ir directamente á los nervios sensitivos (ciáticos). Estos experimentos necesitan confirmación.

En suma: las fibras inhibitorias son cilindros-ejes del ganglio inhibitorio, que van á terminarse por arborizaciones en el ganglio inhibido.

Las experiencias de Dastre y Morat han demostrado el tránsito de las fibras inhibitorias de la médula por los ganglios de la cadena central del simpático, y después Ramón y Cajal ha comprobado histológicamente el mismo trayecto. He aquí un resumen de las citadas experiencias, que son bastantes á sustentar la conclusión que precede.

La excitación en masa del cordón simpático inmediatamente por debajo del primer ganglio dorsal, produce ordinariamente dilatación de los vasos. Dicha excitación, practicada por encima del ganglio, ó lo que es lo mismo, por bajo del cervical inferior, da lugar á estrechamiento de los referidos vasos. De donde se deduce que las fibras inhibitorias aferentes al ganglio se terminan en él, y en cambio salen con las ramas eferentes, fibras centrifugas vaso-constrictoras nacidas en las células ganglionares.

Los ganglios cervical inferior, y primero y segundo torácico reciben sus fibras inhibitorias del octavo par cervical ¹ y del primero y segundo dorsales. Prueba: la excitación de dichas fibras dilata los vasos de la oreja y de la región buco-facial correspondiente.

Experiencias análogas han demostrado que por las raíces del tercero, cuarto y quinto par torácicos reciben los ganglios de la misma región las fibras inhibitorias.

He aquí ahora las conclusiones de los experimentos de Eckhard y Loven sobre los nervios erectores: Reciben este nombre unos nervios del plexo

¹ Se trata del conejo.

sacro, cuya excitación determina, juntamente con una dilatación de los vasos aferentes (arterias) que van á los cuerpos cavernosos, contracción en los eferentes (venas) que traen la sangre de los mismos cuerpos, con todo lo cual se erige el pene. Los nervios erectores llevan fibras inhibitorias responsables de la dilatación de las arterias, y estas fibras proceden, según los experimentos, del primero y segundo, y alguna vez del tercer pares sacros.

Los experimentos de Goltz, que yo he repetido con éxito, han recaído principalmente sobre el nervio ciático en los perros y gatos. La sección de este nervio va seguida inmediatamente de congestión en la pata correspondiente, lo cual demuestra que, no obstante ser sensitivo, conduce fibras vaso-motoras. La contraprueba es también convincente; pues si se excita el cabo periférico del nervio recién cortado, los vasos se estrechan y la región palidece. Al cabo de un tiempo variable, se restablece el equilibrio vascular en la pata paralizada, cuyo restablecimiento presupone la existencia de centros periféricos mantenedores del tono de los vasos. Hasta aquí todo va por el camino ordinario; pero es lo notable que, si se abre la herida pasados ocho días y se vuelve á excitar el cabo periférico del nervio, responde con vaso-dilatación, y no con estrechamiento, como antes.

Goltz explica estos hechos admitiendo que en el tronco del nervio van fibras constrictoras y dilatadoras: la sección excitaría á estas últimas, y de aquí la congestión; la excitación inmediata produciría estrechamiento vascular, porque las primeras dominarían; mas la degeneración invade más pronto á las excito-motoras que á las inhibitorias, y de aquí el aumento de calibre vascular que ocasiona la excitación ulterior del nervio.

Nuevos hechos, investigados por el mismo Goltz, han venido á embrollar la cuestión más de lo que estaba. En un gato afectado de parálisis de un miembro, por sección del ciático, se aísla por un corte la médula lumbar de la torácica; inmediatamente se congestiona la pata sana con elevación de temperatura, doblemente notable por el enfriamiento de la pata paralizada. Pasado algún tiempo, el equilibrio se restablece en ambos miembros; si entonces se destruye la médula lumbar, otra vez vuelve á congestionarse la pata que conserva íntegro el nervio ciático.

Á mi juicio, estas experiencias tienen el mismo valor para la inervación inhibitoria que la de Vulpian para los nervios vaso-constrictores.

Demuestran que los centros inhibitorios se escalonan jerárquicamente desde el cerebro á los ganglios periféricos, y que influyen los unos sobre

los otros según su posición, aunque en serie descendente. Á falta del encéfalo, el bulbo ejerce la soberanía; en defecto de éste, la médula; y así hasta los ganglios de las paredes de los vasos.

Teoría de la inervación de los vasos.—El gobierno de los vasos por el sistema nervioso es análogo al del corazón, y el que lo historia, después de haber tratado de la inervación cardíaca, se ve obligado á parafrasear su primer discurso.

La misma aparente contradicción que existía entre el vago, freno del músculo cardíaco, y el simpático, espuela de su ritmo, se manifiesta entre los ganglios del simpático, espuelas de los vasos, y los nervios raquídeos, frenos del tono vascular. Es verdad que el eje bulbo-medular suministra también fibras excito-contráctiles, pero no es menos cierto que todas las vaso-dilatorias que van á inhibir el tono de los vasos proceden de aquél. En este hecho descansa precisamente la diferencia de la inervación vascular y la cardíaca.

El gran simpático alcanza por su poder autónomo, en cuanto productor de fibras vaso-motoras, á disminuir el calibre de los vasos, mas no á inhibirlos ó dilatarlos, porque esta es función exclusiva del centro médulo-bulbar. En cambio éste posee las dos riendas del gobierno: la *excitación* y el *veto*. Mas de esta diferencia de atribuciones resulta una conclusión, cuyo alcance terapéutico hemos de comentar en seguida: que para la estrechez de los conductos vasculares, con todos sus derivados de aumento en las resistencias al círculo y perversion nutritiva, basta una irritación del simpático, y para suspender este espasmo hace falta acudir al sistema nervioso encéfalo-raquídeo. De esta diferencia se saca para la Patología que todo espasmo tónico, v. gr., el cólera, es imputable al triesplánico, y los clónicos á la médula ó al bulbo, á este último cuando son universales, ejemplo; la fiebre.

Esta relativa autonomía del simpático sobre la inervación de los vasos no puede ser más favorable al riego de los órganos; porque si éste depen-

diera directamente de la médula, estaría sujeto á perdurables turbaciones; ó más claro: si la médula tuviera que atender á un mismo tiempo á las solicitudes de las vísceras y á los clamores de los nervios sensitivos, la gárrula de éstos turbaría y perjudicaría el silencio, el orden y la economía con que deben cumplirse los actos vegetativos.

Hemos visto, al tratar de los nervios yaso-motores, que los ganglios del simpático eran multiplicadores de la inervación medular, puesto que á los nervios de las raíces anteriores se sumaban las fibras centrífugas que aquellos producían; mas este es sólo un aspecto de la cuestión. Mirados de otro lado, los ganglios del simpático son á los impulsos yaso-motores lo que una caja de resistencia á las corrientes eléctricas: quiero decir que los impulsos de origen cerebral ó medular encuentran cierto obstáculo al atravesar los ganglios; porque si el camino estuviera absolutamente transitable, no se movería un dedo sin que trascendiera multiplicada esta conmoción á las regiones orgánicas más remotas, y no sucede así, como acredita la experiencia. Á esta razón obedece que el bulbo se reserve hilos centrífugos directos — constrictores é inhibitorios — para influir directamente en las regiones vasculares más aparentes ó más importantes del cuerpo. Á las primeras corresponde el rostro y el hilo nervioso directo, es probablemente el nervio de Wisbrerg. Á las segundas, las redes vasculares del abdomen, cuyo estrechamiento ó dilatación trascienden en alza ó baja de la presión de la sangre: cable nervioso directo, el pneumogástrico, que conduce fibras excito-contráctiles y yaso-dilatadoras. Cuando se trata de servir á los afectos y combinar la expresión externa con las sensaciones internas, juegan el facial y el vago, respectivamente, sobre los vasos de la cara y el corazón; si la ocasión es de armonizar los sístoles cardíaco, vascular y respiratorio, juega el pneumogástrico en su doble papel de nervio centrífugo y centripeto, trayendo y llevando desde el bulbo á las vísceras.

Así se resuelven, en unidad funcional, todos los factores de la circulación de la sangre.

Leccción XXXIX.

Circulación linfática.

Sumario: Circulación linfática. — Sistema linfático. — Ganglios linfáticos. — Quilo y linfa. — Caracteres de la linfa y el quilo. — Cantidad de linfa. — Análisis de la misma. — Circulación linfática. — Presión y velocidad.

298 **Circulación linfática.** — Como el agua de los ríos y de los mares, luego que se evapora, precipítase en lluvia sobre la tierra y vuelve á su origen arrastrada por los veneros, ríos y arroyos, llevando en disolución las substancias que encuentra al tránsito, así el líquido filtrado y difundido á través de las paredes de los vasos torna al círculo por los linfáticos. Desde este punto de vista, la circulación linfática vierte en la sangre el plasma que se filtra por los capilares; pero este plasma se extravasó para servir á la nutrición de los tejidos, y, en su virtud, entre el aferente (el de la sangre) y el eferente (el de la linfa) hay de menos lo que se han apropiado los tejidos, y de más lo que han excretado. En cuanto á las células de la sangre, los leucocitos son ubicuos, y se encuentran en todos los tejidos y humores; y los hematies, no difusibles porque son sólidos, ni gozando de movimiento propio por viejos, sólo el azar les lanza á la corriente linfática.

Hay una sección de linfáticos que comunican con el intestino, los vasos quilíferos, los cuales abocan á un aparato especialmente dedicado á la absorción de los productos digestivos; las vellosidades. La especialidad de las vellosidades y la función absorbente de los vasos quilíferos distingue esta sección del resto del sistema, pese á la identidad de estructura proclamada por la Anatomía para unos y otros.

Sistema linfático. — Se constituye por un conjunto de tubos elásticos y contráctiles muy análogos á los venosos, los cuales arrancan de los tejidos (los linfáticos) y de las vellosidades (los quilíferos), y desaguan en las venas por dos troncos, desproporcionados en sus calibres respectivos: el conducto torácico y la vena linfática derecha.

El origen de los linfáticos se encuentra en el tejido conjuntivo; y como éste es el cemento que constituye todos los órganos, quiere decir que los linfáticos tienen un origen universal; y así es, porque se encuentran aun en aquellas partes que carecen de vasos sanguíneos, v. gr., la córnea. En los raros tejidos que carecen de cemento, los linfáticos rodean á los vasos sanguíneos, y en el conjuntivo que forma la túnica externa, y en la ganga que los rodea, constituyen estuches perivasculares; ejemplo: las vainas linfáticas de los vasos en los centros nerviosos. El tejido conjuntivo, cualquiera que sea su variedad, desde el óseo al celular, da origen á los capilares linfáticos por los espacios y cavidades que dejan entre sí las células fijas. Dichos espacios, denominados *lagunas y hendiduras* del tejido conjuntivo, no tienen paredes propias, pues son intercelulares, pero poseen un revestimiento endotelial análogo al de los vasos sanguíneos: su forma varía mucho, así como también su tamaño; mas siempre son microscópicos, á excepción de las cavidades serosas (pleura, peritoneo, etc.), que pueden considerarse como lagunas enormes. Por esta razón de origen vemos en las serosas los orificios de los vasos linfáticos.

De las lagunas proceden los capilares, y de éstos los vasos linfáticos, los cuales caminan anastomosándose entre sí y convergiendo, hasta constituir los dos únicos troncos de desagüe de que antes hice mención. Mas esta convergencia dista de ser tan regular como en las venas, porque de una parte los vasos marchan paralelos, cambiando entre sí colaterales de comunicación, y de otra, la mediación de los ganglios linfáticos refunde los troncos de un modo especial. De todos modos, el resultado es el mismo, porque la convergencia es completa, y á la postre podemos trazar con el sistema linfático un esquema, idéntico al que establecimos para las venas, ó sea un cono con la base en los tejidos y el vértice en las venas subclavias.

Los vasos linfáticos poseen válvulas dispuestas por pares, como en las venas, pero mucho más numerosas, y jamás alcanzan los vasos á los troncos finales sin haber atravesado por un ganglio linfático, cuando menos.

Ganglios linfáticos.—Á primera vista parecen filtros para depurar la linfa; pero mejor estudiados, resultan fábricas de glóbulos blancos. Se forman de tejido conjuntivo adenoide, y por su estructura pueden compararse á una esponja envuelta en una corteza ó cáscara resistente. Los vasos linfáticos llegan al ganglio como aferentes, y luego que atraviesan la corteza pierden su modo de ser como tubos, y vierten la linfa en las aréolas ó cavernas de la esponja: por el otro extremo del ganglio (hileo) ocurre precisamente lo contrario; las cavernas desembocan en nuevos tubos linfáticos, que siguen su curso como vasos eferentes. Comparados los vasos que llegan con los que salen del ganglio, resultan estos últimos menos numerosos y más anchos, de donde se deduce favor para la corriente linfática: si se atiende á los rozamientos con las trabéculas de la esponja, disfavor por aumento de resistencia; y, si se considera la espaciosidad y anchura de la total cavidad del ganglio en relación á los calibres de los vasos aferentes y eferentes, lentitud en el movimiento. Estas diversas condiciones se combinan y dan, como resultante, mansedumbre y escasa precisión para la corriente linfática en los ganglios.

Quilo y linfa.—La linfa es el líquido que circula por los vasos linfáticos, procedente de todos los tejidos; y el quilo, la linfa más los productos de la digestión que se absorben por las vellosidades: uno y otro líquido se confunden en el conducto torácico, y para estudiarlos por separado es preciso acudir á una fistula en el conducto torácico de un animal ayuno (linfa) ó á otra practicada en uno de los gruesos vasos del mesenterio (quilo).

La cantidad y composición de la linfa debe variar de un órgano á otro, y para cada órgano en las diversas condiciones en que puede hallarse. Desde luego, para cada órgano ó tejido la cantidad y calidad de la linfa guarda relación con los siguientes factores:

1.º Con su actividad funcional; y en tal sentido, los experimentos muestran que la cantidad de linfa crece ó mengua según el trabajo del órgano. Heidenhain ha demostrado que la cantidad de linfa procedente de la glándula submaxilar disminuye, hasta llegar á cero, cuando se suspende la actividad de las células secretorias con la atropina.

2.º Con la especialidad de la función. No es igual la linfa que procede del bazo, que la llegada de un miembro: la primera, según los autores, contiene hemoglobina y glóbulos rojos en vías de desarrollo.

3.º Con la presión de la sangre. Esta condición es secundaria y sólo estimable en el estado patológico, pues según las experiencias de Heidenhain, ya citado, no se vierte una gota de linfa de la glándula submaxilar, congestionada por excitación de la cuerda del tambor (nervio inhibitorio vascular), si previamente se paralizan las células secretorias con la atropina, y en cambio fluye linfa en cantidad de ciertos órganos en los cuales se ha suspendido previamente la circulación.

4.º Con la composición de la sangre. Las experiencias de Herbst, Brücke y Toldt han demostrado que, inyectando leche, anilina y otras sustancias por la vena yugular, aparecen en los vasos linfáticos del hígado y demás órganos abdominales. Las inyecciones de glucosa, de urea y de sales aumentan también la cantidad de linfa, pero ésta es más acuosa: sin duda las mencionadas sustancias, como ávidas que son por el agua, la atraen desde los tejidos y aumentan el caudal de la linfa.

La cantidad de quilo depende de la absorción intestinal, y su calidad de la de los productos que se absorben. Se comprende fácilmente que la composición del líquido vertido en el torrente circulatorio por el conducto torácico variará también con la alimentación y los períodos digestivos.

Caracteres de la linfa y el quilo.—La linfa es un líquido claro, ligeramente viscoso, de densidad que oscila entre 1,015 y 1,045, transparente, algo cetrino cuando está puro, y opalescente cuando se le une el quilo — por la grasa absorbida — de sabor salado, olor parecido al de la sangre y reacción alcalina.

Abandonada la linfa al contacto del aire, se enrojece ligeramente y se coagula. El coágulo es muy pequeño (de 4 á 45 diezmilésimas del peso de la linfa) y, como el de la sangre, se debe á la fibrina.

Analizada al microscopio, la linfa ofrece gran riqueza de gló-

bulos blancos ó leucocitos — 8.000 por milímetro cúbico, — hematoblastos de Hayem, hematies en poco número y globulillos de grasa, abundantes, sobre todo cuando el quilo los aporta á la corriente linfática.

El quilo ofrece, en general, los mismos caracteres que la linfa, salvo ser opalescente y casi lechoso por el exceso de grasa, mas coagulable por contener más progenitores de la fibrina¹, y mucho más denso, por arrastrar mayor proporción de sustancias disueltas.

Cantidad de linfa vertida por los troncos linfáticos en el torrente de la sangre. — Estos cálculos se aproximan poco á la exactitud; sin embargo, son curiosos.

Bidder y Schmidt han calculado la cantidad total de linfa vertida durante las veinticuatro horas en los vasos sanguíneos, como igual á la masa de la sangre. Gubler y Quebenne han obtenido seis kilos de linfa, en veinticuatro horas, de una fístula del muslo padecida por una mujer.

Análisis de la linfa. — Este humor contiene los mismos elementos que el plasma de la sangre, y además los productos de absorción intestinal, entre los cuales se encuentran la peptona, la lecitina, la leucina y butiratos y lactatos, que de ordinario no se encuentran en el líquido sanguíneo.

He aquí, según Gautier, la composición milesimal de la linfa humana:

Agua.....	986'34
Fibrina.....	1'07
Otros albuminoides.....	2'30
Materias extractivas.....	1'31
Sales inorgánicas.....	8'78 ²

¹ Véase la lección XXV.

² Entre las materias extractivas, la más interesante es la urea, que se encuentra en la proporción de 0,016 por 100 en la linfa del perro.

Las sales de la linfa son las mismas que las del plasma sanguíneo, y se encuentran en análogas cantidades. En la linfa existen además los tres gases de la sangre en los siguientes volúmenes por 100: ácido carbónico, de 35 á 45; oxígeno, indicios; y nitrógeno, de 1,87 á 1,12.

Del quilo humano no tenemos análisis.

Circulación linfática.— La linfa corre desde los órganos á las venas subelavias, á virtud de un desequilibrio de presión entre aquéllos y éstas. La mayor presión en la base ó periferia del sistema, depende:

1.º De la *vis à tergo*, ó sea el impulso que trae la linfa cuando penetra en los capilares linfáticos. Esta energía es un residuo de la que impulsaba la sangre.

2.º De la contracción peristáltica de las fibras musculares de los vasos, de las de los ganglios ¹ y de las de la vellosidad intestinal.

La contracción peristáltica de los vasos linfáticos ha sido demostrada por Heller en los quilíferos del mesenterio del conejo: la contracción de la fibra muscular de la vellosidad por Brücke, y en ciertos animales (reptiles y anfibios) se encuentran cavidades musculares en el trayecto de los vasos, las cuales han recibido el nombre de corazones linfáticos.

3.º De la contracción de los músculos adyacentes (sístole muscular).

4.º De la dilatación de los vasos, que poseen vainas linfáticas: en estos casos el diástole vascular actúa como impelente de la linfa.

La menor presión en la desembocadura de los troncos linfáticos se produce por dos aspiraciones: una torácica, ó sea la inspiración, y otra cardíaca, producida por el diástole del corazón. Entrambas las conocemos, y no hay para qué volver á su estudio.

El reflujo de la linfa lo impiden las válvulas de los vasos, y por esta razón, todo avance del líquido es definitivo.

¹ La cubierta de los ganglios posee fibras musculares.

Presión y velocidad.— Por la forma cónica del sistema y la dirección de la corriente, parece deducirse que la máxima presión corresponde á las raíces linfáticas, y la mayor velocidad á los troncos de desagüe. Pero esto, que en general es cierto, no es exacto para cada porción del círculo, por dos razones: la primera, porque la fuerza motora la recibe el líquido á prorrata durante su curso, prorrato que es posible gracias á las válvulas; y la segunda, porque los ganglios establecidos en el trayecto introducen cambios de presión y velocidad, en tanto son verdaderos interruptores de los tubos linfáticos. Á los vasos linfáticos en los ganglios les pasa lo que á nuestro río Guadiana, cuando se pierde en los terrenos para reaparecer más tarde.

No conocemos ni aproximadamente el valor de la presión y la velocidad de la corriente linfática en el hombre. Noll y Weiss la han calculado en la vena linfática del perro por el peso de una columna de disolución salina de densidad 1,080. La linfa equilibraba de 18 á 30 milímetros de dicha solución. En cuanto á la velocidad, el último de los autores citados la aprecia en cuatro y medio milímetros por segundo, en el mismo vaso.

Acerca del gobierno nervioso del sistema linfático, no contamos con dato alguno positivo.

Vease Quinca Oñero
2.º. Formo paginas 275 notas -

Lección XL.

Respiración (Movimientos respiratorios).

Sumario: Respiración. — Mecanismo del cambio gaseoso. — Actos que comprende la absorción de oxígeno y exhalación de ácido carbónico. — Respiración pulmonar. — Inspiración. — Músculos inspiradores, ordinarios y complementarios. — Dilatación del tórax en sus tres dimensiones. — Expiración ordinaria y forzada. — Acción de los músculos intercostales. — Ritmo respiratorio. — Técnica para obtener trazados respiratorios. — Tipos respiratorios. — Movimientos de las vías aéreas. — Fenómenos que dependen de la mecánica respiratoria. — Ruidos respiratorios.

Respiración. — Recibe este nombre la función que se refiere al cambio gaseoso entre el organismo y el medio cósmico: aquél recibe oxígeno y exhala ácido carbónico y vapor de agua. El cambio del nitrógeno ocupa un lugar secundario en la respiración.

Los tejidos son los que se apropian del oxígeno y excretan el ácido carbónico, y la sangre es el intermedio para este cambio: ella toma el oxígeno en las fronteras del cuerpo y le conduce á los tejidos; y á la inversa, en éstos se carga de ácido carbónico y lo conduce á las fronteras para difundirlo en la atmósfera.

Resulta, pues, un doble cambio gaseoso: entre la sangre y el medio cósmico, ó sea la *respiración externa*, y entre la sangre y los tejidos, ó *respiración interna*.

La respiración externa tiene lugar en todas las superficies en donde la sangre se pone en relación con la atmósfera, y de aquí que se considere una *respiración cutánea* y otra *mucosa*; pero en los vertebrados superiores la intensidad del cambio gaseoso exige

un mecanismo especial de ventilación, análogo, aunque más perfecto, que el que se usa en la industria para avivar las combustiones (tiro forzado). Este mecanismo constituye la *respiración pulmonar*, la única que el vulgo conoce.

Mecanismo del cambio gaseoso.— Aunque la absorción de oxígeno y la exhalación de ácido carbónico se combinan en la función respiratoria, debemos considerarlas en particular para darnos cuenta de su mecanismo. El oxígeno pasa de la cavidad pulmonar ó del aire, al plasma, por simple difusión, y se disuelve en él; mas inmediatamente se apoderan los hematies del oxígeno disuelto, para constituir la oxihemoglobina; de donde resulta el plasma constantemente desprovisto de oxígeno, y, por poco que haya aquende la pared vascular, difunde siempre del exterior á la sangre. Cumple aquí la difusión gaseosa el ingrato papel de las Danaides, tratando de llenar de oxígeno el plasma, que es una cuba sin fondo, porque todo el gas que ingresa desaparece en el acto en la oxihemoglobina.

Lo contrario ocurre con el ácido carbónico: éste se produce en el organismo por verdaderas explosiones que hacen aumentar bruscamente su tensión; y como si esto fuera poco, el oxígeno desaloja al ácido carbónico de los glóbulos y presta á éstos el poder de ácido, para expulsar el que está combinado en el plasma, resultando que la presión del ácido carbónico, allende el pulmón, es siempre mayor que la del aire de la cavidad, y que el ácido carbónico difunde desde el interior al exterior. En cuanto al nitrógeno, nada influye en contra ni en pro, y, por tanto, su difusión es normal.

Resumiendo: el ingreso del oxígeno en el organismo comprende tres actos, á saber: 1.º, de difusión—de la atmósfera á la sangre—y disolución en el plasma; 2.º, combinación con la hemoglobina de los glóbulos rojos; y 3.º, reducción de la oxihemoglobina por los tejidos.

La eliminación del ácido carbónico comprende á su vez tres actos, sólo invertidos: 1.º, excreción del ácido carbónico por los tejidos; 2.º, disolución y combinación en la sangre; y 3.º, difusión en la atmósfera.

Los gases se disuelven en los líquidos en proporciones que varían según la naturaleza del líquido y del gas; mas para un mismo líquido y un mismo gas, *el volumen* de gas disuelto en la unidad de volumen de líquido es constante, cualquiera que sea la presión. (Ley de Henrig). Por el contrario, *el peso* del gas disuelto en el líquido es proporcional á la presión; hecho que nada tiene de extraño, porque si el volumen absorbido es constante, el número de moléculas gaseosas en el mismo será tanto mayor cuanto más juntas estén (presión), y el peso lo determina el número de moléculas en la unidad de volumen.

De lo expuesto se deduce que debe haber y hay una relación entre los volúmenes del líquido absorbente y gas absorbido. Esta relación es constante para los mismos cuerpos en igualdad de temperatura, y se dice *coeficiente de absorción*. También es fácil entender que, cuando la presión ó tensión del gas aumente ó disminuya, disminuirá ó aumentará la cantidad de gas disuelto; y, finalmente, que si un líquido que lleva un gas en disolución se somete al vacío, el gas pondrá en juego su fuerza expansiva y abandonará el líquido, difundiéndose en el espacio que se le ofrece.

Cuando en vez de un gas se trata de muchos (mezcla gaseosa), cada uno de ellos se disuelve en la misma relación que si estuviese solo, lo cual es consecuencia de las leyes de Mariotte y de Dalton, ó lo que es lo mismo, un líquido en presencia de varios gases los absorbe en relación á su volumen; y cuando lleva disuelto un gas y se pone en contacto con otro de distinta naturaleza, el gas disuelto se precipita y difunde en el último como lo hiciera en el vacío.

La sangre absorbe el oxígeno, el ácido carbónico y el nitrógeno, que componen la atmósfera, casi en la misma relación que lo hace el agua¹ y en cantidades proporcionales á la presión; de donde se deduce que cada uno de estos gases abandonará la sangre por la atmósfera, ó pasará de la atmósfera á disolverse en la sangre, si sus tensiones relativas son mayores en el líquido ó en el aire, y que todos ellos se precipitarán en un espacio

1 El coeficiente de solubilidad del O para el agua á una temperatura de 10º es 0,046, y del N. en iguales condiciones 0,025.

que se les ofrezca vacío, ó lleno de un gas ajeno á su naturaleza. En estas leyes nos fundamos para extraer los gases de la sangre, bien con el vacío proporcionado por lá máquina pneumática, ó por una bomba de mercurio, ó ya sometiendo la sangre á una corriente de gas hidrógeno.

Respiración pulmonar. — Cuantitativamente considerada, ocupa el primer lugar en el hombre y en los animales superiores, puesto que, en cuanto se suspende, cesa la vida, sin que basten á sustentarla la respiración cutánea y la mucosa. Puede dar idea de su importancia la relación entre la inmensa superficie que representan las vesículas pulmonares desplegadas y la espesísima red de capilares sanguíneos por donde pasa toda la sangre del cuerpo cada medio minuto. Según cálculos de Küss, por la red pulmonar circulan 20.000 litros de sangre en veinticuatro horas, y se ponen en relación con 10 metros cúbicos de aire en el mismo periodo.

La respiración pulmonar está servida por el aparato del mismo nombre, el cual, reducido á su mayor sencillez, se compone de dos sacos elásticos, los pulmones, cuyas cavidades están en comunicación con la atmósfera por el tubo aéreo (bronquios, tráquea, laringe, faringe boca y nariz). Dichos pulmones se encuentran contenidos en una cavidad elástica, osteo-muscular y cerrada por todas partes, el tórax. La cavidad torácica es susceptible de dilatación en sus tres diámetros (diástole), por la acción de ciertos músculos llamados inspiradores; y cuando aquéllos dejan de obrar, el tórax, por reacción elástica, vuelve á sus dimensiones primeras (sístole).

Estas alternativas de dilatación y estrechamiento tienen que seguir las los pulmones — puesto que el vacío existe entre las dos hojas de la pleura; — y á causa de ellas, la presión del aire alojado en los pulmones baja con relación á la atmosférica cuando el tórax se dilata, y lo contrario si se estrecha; en el primer caso, el aire se precipita desde la atmósfera á las vesículas del pulmón, y el resultado es una *inspiración*; en el segundo, el aire es lan-

zado desde las vesículas al exterior, y resulta la *expiración*. De la inspiración y de la expiración se sigue una *ventilación* activa de la cavidad de los pulmones.

Inspiración.— Es un diástole activo y se debe, como hemos dicho, á la dilatación del tórax en sus tres diámetros: los agentes de esta acción son los músculos llamados inspiradores, y su resultado la irrupción del aire atmosférico en los pulmones.

En la respiración normal ú ordinaria sólo obran ciertos músculos, los escalenos, los supra-costales, el serrato posterior superior y el diafragma, y reciben el nombre de *inspiradores ordinarios*; pero cuando la dilatación del tórax se lleva al máximo, intervienen todos los músculos que de cualquier modo pueden coadyuvar á esta acción: son los *inspiradores complementarios*, y el resultado es la inspiración forzada. Cuéntanse entre los músculos inspiradores complementarios los pectorales mayor y menor, el subelavio, el esterno-cleído-mastoideo, el trapecio y el gran serrato. Todos estos músculos, para dilatar el pecho, toman su punto de apoyo en la cabeza, en la columna vertebral ó en el hombro, y, naturalmente, como dichos puntos son móviles, necesitan ser previamente fijados por otros músculos.

Los músculos inspiradores tienen que vencer, para dilatar el tórax, la elasticidad de los pulmones, la de las costillas y la diferencia de presión entre la atmosférica y la intrapulmonar. La elasticidad de los pulmones ha sido valuada en 8 mm. de mercurio en la inspiración ordinaria, y en 34 en la profunda; y por lo que hace á la presión *negativa* del aire en los pulmones, vale 1 mm. en la inspiración normal y 57 en la profunda (Beaunis.)

Dilatación del tórax.— La dilatación en el diámetro vertical es la más importante, y se verifica por la acción del diafragma, el cual, de convexo que es en reposo, se pone plano cuando se contrae y rechaza las vísceras abdominales. Pero además de esta acción tiene otra el diafragma: tirar hacia abajo de

los seis últimos arcos costales; y como el tórax está fijo por su parte superior (acción de los escalenos), resulta estirado y ampliado en su diámetro vertical.

El diafragma dilata también el tórax en sus diámetros transversal y antero-posterior.

Esta doble acción se explicaría, según Brucke, suponiendo que al contraerse este músculo rechaza las vísceras abdominales hacia la periferia. Letamendi, para explicarse la misma acción, compara el diafragma á un paraguas abierto con la cúpula hacia el pecho y la cavidad llena de vísceras; como éstas no pueden ser rechazadas en absoluto, porque á ello se opone el tono de la pared abdominal, el varillaje, ó sean las fibras del músculo, se enderezan y dan lugar á la dilatación en todos los diámetros.

La dilatación en el sentido antero-posterior se verifica mediante la elevación de las costillas: éstas en reposo se insertan oblicuamente de arriba abajo y de atrás adelante, y al elevarse y tomar la dirección transversal alejan el esternón de la columna vertebral.

La dilatación del tórax en su diámetro transversal es un efecto combinado de la elevación y enderezamiento de las costillas: al elevarse las costillas — desde la primera hasta la séptima, — el arco que forman es más espacioso que el de la posición oblicua de reposo. Además, al elevarse se enderezan sobre su eje y la cara convexa mira directamente afuera, con lo cual gana también el diámetro transversal.

Téngase en cuenta que las costillas, fijas por delante al esternón, son solidarias en sus movimientos, solidaridad tanto mayor cuanto más superiores, y de todo ello se sigue un mejor aprovechamiento de la fuerza contráctil. Valga de ejemplo la acción de los escalenos que se insertan en las dos primeras costillas; si éstas fueran libres, la acción sería limitada á ellas; pero como no lo son, el movimiento alcanza á toda la jaula, que queda fija en su mitad superior, y este movimiento se combina con el del

diafragma, que, como hemos dicho, tira hacia abajo de los seis últimos cartílagos costales.

Expiración. — Equivale á un sistole que expulsa el aire de los pulmones. En cuanto los músculos inspiradores dejan de contraerse, el tórax y el pulmón, violentados en su elasticidad por la acción de aquéllos, vuelven á su posición normal y expulsan parte del aire contenido en la cavidad respiratoria. La expiración ordinaria es, pues, un fenómeno pasivo debido exclusivamente á la reacción elástica.

Mas cuando se quiere expulsar nueva cantidad de aire ó imprimirle más violencia en su salida, entran en juego una porción de músculos que estrechan el tórax y que por esta razón se llaman espiradores. Dichos músculos sólo intervienen en la expiración forzada, y, por tanto, ésta es un fenómeno activo.

Son espiradores: el triangular del esternón, los infracostales, el serrato posterior inferior, los músculos de las paredes abdominales, el gran dorsal, y el cuadrado de los lomos.

La presión del aire intrapulmonar es mayor que la atmosférica, y se dice *positiva*; pero es enorme la diferencia entre la expiración ordinaria y la forzada: en la primera la presión equivale á 2 mm. de mercurio, y en la segunda de 62 á 100 mm. (Donders).

Acción de los músculos intercostales. — Merece tratarse aparte, por las discusiones de que ha sido objeto.

Los músculos intercostales forman dos grupos, los internos y los externos: los primeros se insertan en la cara interna de la costilla que está encima y en el borde superior de la costilla que está debajo; la dirección de sus fibras es oblicua de arriba abajo y de delante atrás, y puede considerárseles como continuación de los infra-costales. Los externos van de borde á borde de las costillas, sus fibras tienen una oblicuidad de arriba abajo y de atrás adelante (contraria á la de los internos) y parecen continuación de los supra-costales. Entre el ángulo y el cuello de la costilla faltan las fibras carnosas de los intercostales internos, y entre los cartílagos costales faltan las de los externos.

Ateniéndonos á la direcciónde las fibras, parece natural que los intercostales externos se contraigan durante la inspiración, y en la expiración los internos; y, en efecto, como inspiradores y expiradores respectivamente los consideran la mayor parte de los fisiólogos. Pero si se tiene en cuenta la delgadez de estos músculos y la situación que ocupan llenando el hueco que queda entre costilla y costilla, el ánimo se inclina á pensar que su verdadero oficio es oponerse á que los espacios intercostales se hundan por la presión atmosférica durante la inspiración (intercostales externos), y á la inversa, evitar que el pulmón se hernie á través de los dichos espacios cuando, á causa de la expiración, la presión intrapulmonar es mayor que la de la atmósfera (intercostales internos).

Además de este oficio principal tendrían los músculos intercostales otro no menos interesante: afirmar la pared torácica, mientras se verifica la expiración forzada, en el esfuerzo y en el canto.

En suma, los músculos intercostales vienen á ser una barrera contráctil que mantiene la forma de la cavidad torácica á despecho de los cambios de presión, y actúan alternativamente: en la inspiración, los externos; y en la expiración, los internos¹. En opinión de Küss, el músculo cutáneo viene á jugar un papel análogo en el vértice del tórax.

Ritmo respiratorio. — En la respiración ordinaria las fases de inspiración y de expiración se suceden sin interrupción, y lo mismo ocurre con los movimientos respiratorios, como puede verse en la gráfica de la figura 47. La inspiración se verifica en menos tiempo que la expiración, y la proporción entre las dos es de 7 á 9, término medio.

¹ Para alivio de la memoria, téngase presente que están invertidas las iniciales de los músculos con su función: externos inspiradores é internos expiradores.

Los movimientos respiratorios, comprendiendo las dos fases (inspiración y expiración), se repiten 18 veces por minuto. Por lo demás, la frecuencia varía mucho según la edad, vigilia ó sueño, actitud del cuerpo, reposo y movimiento, hartura ó inanición.

He aquí, según Quetelet ¹, el término medio de movimientos respiratorios que corresponde á las diversas edades:

Edad.	Número por minuto.	Edad.	Número p r minuto.
1 año.....	44	20 á 25 años....	18'7
5 años.....	26	25 á 30 años....	16
15 á 20 años....	20	30 á 50 años....	18'1

Técnica.—La gráfica de la figura 47 ha sido obtenida en nuestro laboratorio por el Dr. Pérez Zúñiga con el pneumógrafo de Marey, aparato que consiste en una lámina de acero que sostiene un tambor, el cual está montado sobre dos resortes que tiran en direcciones contrarias: dichos resortes terminan en sendos ganchos, á los cuales se ata un cinturón inextensible para fijar el aparato al tórax. Cuando éste se dilata en la inspiración, los resortes se separan y esta separación produce una tracción sobre la membrana del tambor, y, en consecuencia, un cambio de presión en el aire encerrado en su cavidad.

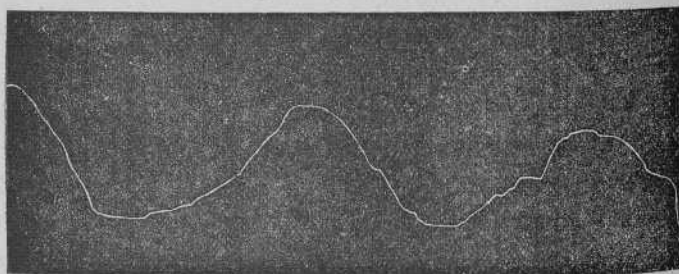


Figura 47.

Trazado gráfico de la respiración ².

¹ Citado por Landois, pág. 196.

² La ascensión de la curva corresponde á la expiración y el descenso á la inspiración.

El tambor del pneumógrafo se une por un tubo de cautchuc á otro escribiente y la palanca de éste traza la gráfica sobre el cilindro registrador.

Con el pneumógrafo se obtiene el trazado de los movimientos del tórax; pero si se quiere el de los movimientos del aire respirado, no se necesita de más instrumental que una cánula y un tambor de Marey. Previa anestesia, se practica la traqueotomía en un perro; se adapta una cánula á la tráquea y se enchufa la cánula á un tubo de cautchuc. Se tiene preparado un frasco como de cinco litros de capacidad y se cierra con un tapón de cautchuc á través del cual se introducen dos tubos de cristal acodados: uno de los tubos se enchufa con el de cautchuc que viene de la cánula, y el otro se le enchufa también con otro tubo elástico que se termina en un tambor escribiente. De esta manera, la respiración del animal produce alternativas en la presión del aire del frasco, y éstas alternativas las traduce la palanca del tambor.

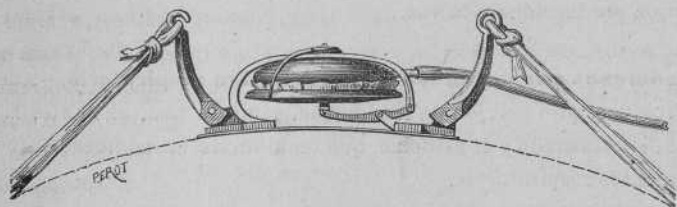


Figura 48.

Pneumógrafo de Marey.

Tipos respiratorios. — En el mecanismo genérico de la respiración que hemos explicado, caben algunas variantes que dan lugar á los diversos tipos respiratorios. Estos tipos se fundan en la mayor participación que alguno ó algunos músculos toman en la dilatación del pecho.

Se consideran dos tipos respiratorios: el *abdominal* y el *torácico* ó *costal*; en el primero, propio de los varones, la dilatación se hace principalmente á expensas del diámetro vertical, ó sea por virtud del diafragma; y en el segundo la dilatación principal recae sobre los diámetros transversal y antero-posterior, y es propio de las mujeres.

Movimientos de las vías aéreas. — No están pasivas las vías aéreas durante la respiración. En la inspiración se dilatan las ventanas de la nariz (elevador del ala de la nariz y del labio superior), la tráquea desciende y se hace más ancha y la glotis se dilata (músculo crico-aritenoideo posterior).

En la expiración, la tráquea asciende y se estrecha y la glotis se estrecha también. Durante el esfuerzo, la glotis se cierra para que el aire contenido en los pulmones, éstos y la caja del tórax formen un bloque que sirve de punto de apoyo á los músculos abdominales y á los de los miembros.

De los diversos movimientos de las vías aéreas se deducen facilidades para la corriente inspiratoria, y mayor violencia y velocidad para la expiratoria. Pronto conoceremos la singular función encomendada al aire expirado, la producción de la voz.

Fenómenos que dependen de la mecánica respiratoria. — Además de la voz, hay otra porción de fenómenos, como la risa, el llanto, la tos, el hipo, el estornudo y el esfuerzo, que resultan de la modificación de los movimientos respiratorios.

La *risa* y el *llanto*, con expresar opuestos afectos, tienen un mecanismo análogo. Se producen por una serie de expiraciones breves, espasmódica y entrecortada, precedidas de inspiraciones más ó menos profundas.

La *tos* es un fenómeno que tiene por objeto barrer las vías aéreas y se verifica mediante una inspiración profunda que llena el pecho de aire, el cual es expulsado con violencia por una ó varias expiraciones forzadas. Para aumentar la violencia del aire expirado, la glotis se cierra y el choque produce el ruido característico de la tos.

El mecanismo del *estornudo* es análogo al de la tos, sólo que la glotis está abierta y el aire expirado es lanzado por la nariz, arrastrando de paso las mucosidades de la cavidad nasal. La inspiración que precede al estornudo es aún más profunda que la que prepara el golpe de tos.

El *hipo* consiste en una inspiración brusca por espasmo del diafragma, pero con la particularidad que la glotis está cerrada y el aire que entra choca con ella, produciendo un chasquido que da carácter al fenómeno.

El *esfuerzo* va precedido de una inspiración profunda que llena los pulmones de aire, y luego que están llenos se producen movimientos expira-

torios con la glotis cerrada: de esta suerte, el aire que no puede escapar es comprimido, y el pecho y su contenido constituyen un bloque de apoyo. De la voz nos ocuparemos en la fonación.

Ruidos respiratorios. — Á consecuencia de la respiración normal se oyen dos ruidos: uno inspiratorio en la región de los pulmones, llamado *murmullo vesicular*, y otro expiratorio en la región tráqueo-bronquial, denominado *soplo ó respiración bronquial*.

El murmullo vesicular es un roce blando y dulce que podemos imitar pronunciando dulce y lentamente la letra *f*. Se oye bien determinado en la inspiración, y confuso y sin carácter en la expiración: débese al desplegamiento de las vesículas y al rozamiento del aire con ellas. Es más sonoro y áspero en los niños, pues las vesículas son más pequeñas y el rozamiento mayor.

El soplo bronquial se le oye auscultando el tubo aéreo y sólo en la expiración, pues se origina por el roce del aire expirado con los labios de la glotis y luego se refuerza en el tubo tráqueo-bronquial, que le sirve de caja de resonancia. Como el aire inspirado lleva menos violencia que el expirado, y además encuentra la glotis dilatada, no se oye soplo bronquial en la inspiración.

Lección XL.

Análisis del cambio respiratorio.

Sumario: Ventilación pulmonar. — Aire de la respiración. — Idem complementario. — Idem de reserva. — Idem residuo. — Capacidad absoluta de los pulmones. — Capacidad vital. — Expirómetros. — Coeficiente de ventilación. — Cuantía de los cambios respiratorios en los pulmones. — Variaciones normales en dicha cuantía. — Composición del aire expirado. — Difusión gaseosa entre la sangre y el aire pulmonar. — Coeficiente respiratorio. — Respiración interna.

Ventilación pulmonar. — Si los pulmones en cada expiración arrojaran de sí el aire que contienen, la ventilación sería absoluta, pues en la inspiración siguiente se llenarían de aire nuevo. Pero los pulmones, en la vida, jamás logran expulsar todo su aire, porque á ello se oponen la elasticidad de su tejido y el tórax, que se puede estrechar, mas no plegarse, hasta juntar pared con pared. Si sólo jugase el vacío de la cavidad torácica, resultaría que, cuando ésta se perforase, la presión atmosférica, actuando sobre el parénquima, desalojaría todo el aire, y no sucede así. Ábrase el tórax en un animal vivo ó muerto; el aire penetra y los pulmones se retraen; pero todavía contienen aire, y lo prueba que flotan en el agua. Quiere decir que los pulmones, como las arterias, mantienen su forma por la elasticidad de su tejido.

Sólo en el feto que no ha respirado, los pulmones no contienen aire y son más densos que el agua.

La ventilación de los pulmones es relativa, y se verifica mediante la difusión del aire nuevo que entra en cada inspiración, con el aire viciado que los pulmones no han podido expulsar.

Peró la difusión no es obra de un instante, ni, por tanto, puede verificarse en la fracción de minuto que corresponde á cada movimiento respiratorio. Además, el aire se encuentra como embalsado en las vesículas pulmonares, y en su consecuencia es más rico de ácido carbónico y pobre en oxígeno que el de las vías aéreas. De todo ello se concluye que la ventilación de los pulmones, no sólo es relativa, sino que deja de ser perfecta, si se considera aisladamente cada ciclo respiratorio: claro es que, á fuerza de repetirse las inspiraciones, la renovación del aire acaba por ser completa. Según cálculos de Greham, se necesitan cinco inspiraciones para que sea total la difusión entre el aire nuevo y el contenido en los pulmones.

a. AIRE DE LA RESPIRACIÓN. — En la respiración ordinaria, ni el pecho se dilata al máximo, ni se expira todo el aire que se puede: entra y sale una cantidad de aire que se calcula en medio litro.

b. AIRE COMPLEMENTARIO. — Después de una inspiración ordinaria, todavía puede introducirse en los pulmones nueva cantidad de aire, haciendo los más enérgicos movimientos de inspiración. Este aire, llamado complementario, es muy variable en los diversos sujetos, según la amplitud del pecho y la estatura. Término medio, 1.500 c. c.

c. AIRE RESERVA. — También, después de una expiración ordinaria, puede expulsarse nueva cantidad de aire jugando poderosamente los músculos espiradores. Se calcula en 1.200 á 1.800 c. c.

d. AIRE RESIDUO. — Recibe este nombre el que queda en los pulmones después de verificar el individuo, los más enérgicos movimientos de expiración. Es el aire que no puede expulsarse. Se tasa en 1.200 á 1.600 c. c.

Capacidad absoluta de los pulmones.—Es la suma de las cuatro cantidades de aire que dejamos nombradas. De las cuatro, las tres primeras son fáciles de averiguar por experimento directo, y para determinar el valor del aire residuo, Greham acudió á un medio ingenioso. Respiró en una campana de volumen conocido y llena de hidrógeno, hasta que la mezcla de este gas con el aire expirado era homogénea ¹; entonces

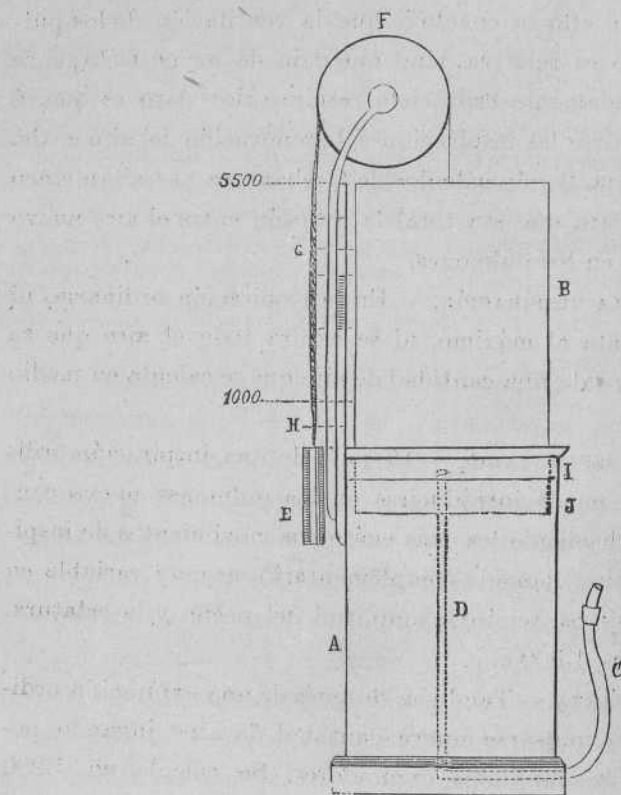


Figura 49.

Expirómetro de Schnepf.

¹ La mezcla homogénea se consigue, según Greham, á la quinta respiración.

dedujo racionalmente que la mezcla sería también homogénea en los pulmones, y conocida la proporción de hidrógeno, el cálculo le dió la capacidad pulmonar. El hidrógeno apenas se absorbe por la sangre, y por esta razón el cálculo de Greham se aproxima mucho á la exactitud.

La capacidad absoluta de los pulmones oscila entre cuatro y seis litros.

Capacidad vital.— Se da este nombre á la máxima cantidad de aire que puede expulsarse de los pulmones haciendo los más enérgicos movimientos de expiración, previa la inspiración más profunda que sea posible. Comprende, pues, la capacidad vital, la suma de los aires complementario, de la respiración y de reserva.

La capacidad vital equivale al resultado máximo de la respiración, y ha sido calculada entre 3.000 y 3.800 c. c., pero varía mucho en los diversos individuos, según las dimensiones del pecho, la talla, peso, edad y sexo de los individuos.

El volumen del tronco equivale próximamente á siete veces la capacidad vital (C. W. Müller).

La capacidad vital aumenta con la talla, lo cual quiere decir que, entre los diámetros del tórax, es el vertical el que más influye. Según Hutchinson, en las personas cuya estatura oscila entre 5 y 6 pies ingleses, la capacidad vital aumenta 130 c. c. por cada pulgada de talla.

Cuando el peso excede del normal en un 7 por 100, cada kilogramo de exceso disminuye la capacidad vital de 37 á 45 c. c. Esta relación explica el retardo nutritivo de los obesos.

Hasta la edad de 35 años aumenta la capacidad vital; después disminuye en la misma proporción (23 4 c. c. de aumento por cada año, de 15 á 35, y la misma disminución por cada año, de 35 á 65, según Landois).

En igualdad de condiciones, la capacidad vital del hombre es á la de la mujer como 10:7.

Expirómetros.—Son unos aparatos de uso frecuente en los laboratorios y en las clínicas, que sirven para medir la capacidad

vital de los pulmones. Al efecto puede servir cualquier gasómetro; pero de ordinario se usan los expirómetros siguientes:

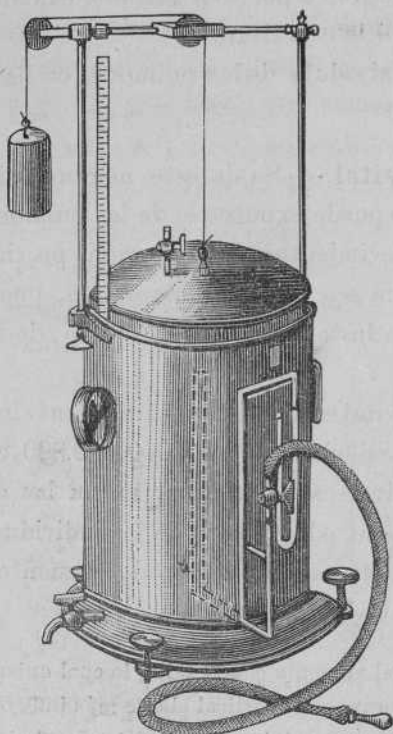


Figura 50.

Expirómetro de Hutchinson.

El de Schnepf (figura 49) se compone de un vaso cilíndrico de latón (A), que sirve de baño, y de una campana (B), también de forma cilíndrica, que va invertida sobre el baño y se mantiene en equilibrio estable á favor de un contrapeso (E) pendiente de una cadena (G), la cual pasá por una polea (F) y se fija por el otro extremo en el fondo de la campana. Un tubo metálico (D)

atraviesa verticalmente el baño y conduce el aire á la campana; en el origen de este tubo se enchufa otro de cautchuc (C) que termina en una embocadura de marfil.

Una escala graduada en centímetros cúbicos (de 0 á 5.500) marca la cantidad de aire expirado en la campana.

El espirómetro de Hutchinson (figura 50) tiene un mecanismo análogo al del anterior, pero mucho más perfeccionado. El tubo metálico que asciende por el baño describe un doble codo, y en el sitio de enchufe con el de goma tiene una llave para impedir el retroceso del aire una vez que se ha expirado. Tiene, además, dos poleas por donde corre la cadena del contrapeso, una llave para vaciar el agua del baño y otra para expulsar el aire

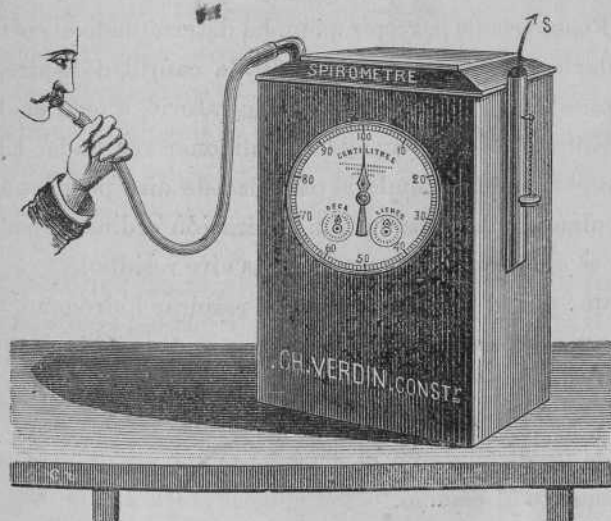


Figura 51.

Expirómetro de Verdin ¹.

¹ El sujeto expira por la boquilla del tubo de goma, y por S sale el aire expirado. A su paso por el aparato se mueven las agujas de las tres esferas, marcando respectivamente litros, decalitros y centilitros. Terminada la observacion, con la mano se reponen las agujas á sus puntos de partida.

de la campana. Por todo ello, el espirómetro de Hutchinson es más fiel y se maneja más fácilmente que el anterior.

El espirómetro de Verdin (figura 51) reúne tantas ó más ventajas que el anterior y es el que nos sirve para las observaciones en el laboratorio.

Para usar estos espirómetros se empieza por graduarlos en el 0 de la escala, y después de haber hecho el sujeto una inspiración lo más profunda que pueda, expira todo lo posible por el tubo. Luego no hay más que leer en centímetros cúbicos la capacidad vital. También puede hacerse con estos aparatos el experimento inverso: llenar el gasómetro de aire y aspirar por el tubo, previa una poderosa expiración.

Coefficiente de ventilación. — Greham, á quien tanto debe la Fisiología de la respiración, ha determinado el coeficiente de ventilación de los pulmones, ó sea la cantidad de aire nuevo que después de cada movimiento respiratorio, queda en la unidad de volumen de la capacidad pulmonar ventilada. El coeficiente se obtiene dividiendo la cantidad de aire puro que queda en los pulmones después de una expiración ordinaria por el que en ellos se contiene (aire reserva, más aire residuo).

Greham, por el procedimiento de respirar hidrógeno, ha calculado que en cada ciclo respiratorio entra en la inspiración medio litro de aire puro, y en cada expiración sale otro medio litro, del cual un tercio es aire puro y dos tercios aire viciado. De donde se deduce que el coeficiente de ventilación alcanza próximamente al décimo.

Los pulmones se ventilan tanto mejor cuanto más acompasados y profundos son los movimientos respiratorios, sin duda porque en la respiración superficial y frecuente, el aire inspirado no llega por completo á los alvéolos. Valga de prueba experimental el siguiente cuadro de la obra de Gad ¹:

¹ Gad, Heymans et Maison, *Physiologie humaine*, París, 1895, pág. 448

	Número de respiraciones por minuto.	Proporción de CO ² en el aire expirado.	Volumen de aire respirado por minuto.	Volumen de CO ² expirado en un minuto.
I	12.	4'1 ^o / ₁₀ c. c.	6.000 c. c.	246 c. c.
	24.	3'3 ^o / ₁₀ »	12.000 »	396 »
	48.	2'9 » »	24.000 » ..	696 »
II	12.	4'5 » »	6.000 »	270 »
	12.	4'0 » »	12.000 »	480 »
	12.	3'4 » »	24.000 »	816 »

Cuantía de los cambios respiratorios en los pulmones. — Halliburton calcula en 11 metros cúbicos el aire respirado en veinticuatro horas (458 litros por hora). De este aire absorbe la sangre 744 gramos de O (516,5 litros), y exhala 900 gramos de CO² (455 litros). Parece que el hombre debía enrarecer la atmósfera en que respira; mas este enrarecimiento no resulta porque la diferencia de volumen entre el O absorbido y el CO² exhalado se colma con el vapor de agua, que también se exhala en cantidad de 350 gramos.

Variaciones normales en la intensidad de los cambios gaseosos. — En la cantidad de O absorbido y CO² exhalado influyen la edad, el sexo, la vigilia y el sueño, el ejercicio, la alimentación y la temperatura del ambiente.

Edad. — La intensidad del cambio respiratorio, lo mismo para la absorción de O que para la exhalación de CO², aumenta durante el período de desarrollo y disminuye cuando declinan las energías corporales.

El siguiente cuadro, que copio de Landois ¹, da idea exacta de las variaciones que imprime la edad:

¹ Landois, obra citada, pág. 224.

El peso de un litro de O₂ es 1'298 gramos (Pérez) y el de CO₂ es 1'529 gramos

Edad.	EN VEINTICUATRO HORAS	
	Cantidad de CO ² exhalado.	Cantidad de O absorbido.
8 años.....	443 gramos = 121 gramos de carbono	375 gramos.
15 »	766 » = 209 »	652 »
16 »	950 » = 259 »	809 »
18 á 20	1.003 » = 274 »	854 »
20 á 24	1.074 » = 293 »	914 »
40 á 60	889 » = 242 »	757 »
60 á 80	810 » = 221 »	689 »

Sexo. — Hasta los ocho años no hay gran diferencia entre uno y otro sexo, pero después de esta edad, los varones exhalan una cantidad de CO² superior en un tercio á la que exhalan las hembras (Andral y Gravoret). En la pubertad se acentúan aún más las diferencias, y durante la preñez es mayor la cantidad de CO² exhalado por las mujeres.

Después de la menopausia se observa un aumento temporal en el CO² exhalado: después viene el descenso, y en la vejez apenas se notan diferencias entre los dos sexos.

Achácanse estas variaciones sexuales á que las mujeres excretan parte de su CO² con los menstruos, pero esta explicación es insuficiente.

Vigilia y sueño. — Durante el sueño disminuye en absoluto la intensidad del cambio respiratorio, pero es mucho más notable dicha disminución por lo que hace al CO². Es que durante el sueño tiene lugar una remisión de las combustiones orgánicas por el descanso muscular, por la falta del excitante luminoso y quizás influya el calor de la cama.

Ejercicio. — El trabajo muscular es la principal fuente del calor animal, y la combustión se verifica casi exclusivamente á expensas del carbono (Fick y Wislicenus). Resulta, por tanto, que el ejercicio muscular debe aumentar extraordinariamente la cantidad de CO² exhalado, y así en efecto sucede; pero al mismo tiempo aumenta proporcionadamente el O absorbido, porque sin comburente no hay combustión.

Richet ha demostrado experimentalmente en los perros que los escalofríos y temblores, tan frecuentes en estos animales, son recursos fisiológicos para defenderse del enfriamiento, y la misma explicación tienen los escalofríos que acompañan á las fiebres y siguen á la anestesia clorofórmica.

Alimentación.—Es de experiencia vulgar que la alimentación insuficiente y la inanición disminuyen las combustiones orgánicas y la temperatura del cuerpo. La experimentación científica ha demostrado que el CO_2 aumenta en proporción á la riqueza del régimen, y más todavía con la dieta de grasas y de hidratos de carbono.

Además de esta influencia directa del regimen, influye la digestión en los cambios respiratorios. El CO_2 exhalado aumenta notablemente, según Vierordt, dos ó tres horas después de la comida, y también aumenta durante el período digestivo la proporción de O absorbido.

Temperatura del ambiente.—El hombre, como veremos más adelante, mantiene su cuerpo á una temperatura casi fija, cualquiera que sea la del ambiente, y de aquí se sigue que en los climas fríos debe aumentarse la producción de calor para sostener el del cuerpo. Más claro: en los climas fríos las combustiones son más intensas, y en proporción debe aumentar la cantidad de O absorbida y de CO_2 exhalado. Afortunadamente la atmósfera fría es más densa, y en la unidad de volumen de aire respirado va mayor cantidad de O.

Page¹, experimentando en los perros, halló que á la temperatura de 25°C . la cantidad de CO_2 exhalado era mínima: por bajo de ella, como por encima, aumentaba el CO_2 , y á la temperatura de 42° el aumento era muy rápido.

Composición del aire expirado.—El aire expirado contiene cerca de cien veces más CO_2 que el inspirado, y en cambio 482 por 100 menos de O. He aquí en volumen la composición del aire expirado: 16,033 de O; 79,03 de N, y 4,38 de CO_2 .

Como se deduce de esta composición, el N. apenas varía y aún está en tela de juicio si se absorbe ó se exhala.

En una atmósfera templada, el aire expirado sale á una temperatura de $36,3^\circ \text{C}$. y saturado de vapor de agua.

¹ Page, citado en la obra de Halliburton, pág. 363.

Aire { O - 20.63
H - 78.49
H₂Ov. 0.88
CO₂ 0.01
99.99

La temperatura del aire expirado disminuye, aunque poco, con la del ambiente, y así, por ejemplo, á 6° C. todavía alcanza 29,5° C.

Con el aire expirado salen algunas materias orgánicas que son tóxicas, según los autores.

El hombre y los animales, no sólo alteran la atmósfera en que respiran, substrayéndole O y adicionándole ácido carbónico, sino que además la envenenan con el producto de su excreta. Este se compone de substancias orgánicas volátiles no bien determinadas, pero muy tóxicas para el hombre y los animales, según pretenden haber demostrado Brown-Sequard y Arsonval ¹.

El exceso de CO² en el aire, no sólo entorpece el cambio respiratorio, sino que le presta condiciones de toxicidad. Afortunadamente, un aire que todavía es respirable por la proporción de CO², resulta ingrato por el olor que despiden las materias orgánicas volátiles; he aquí un servicio interesante que presta el olfato.

En una atmósfera que no se renueva, mata antes la acumulación CO² que la disminución de O; y es que, como veremos en seguida, la exhalación del primero depende más de la difusión que la absorción del último, que es un proceso de combinación química. Los animales mueren intoxicados por el CO² en cuanto su tensión en la atmósfera supera á la de la sangre, porque entonces, en vez de excretarse, se absorbe; mientras que, aunque penosamente, pueden vivir en una atmósfera al 9 por 100 de O, con tal que la proporción de CO² sea normal.

Difusión gaseosa entre la sangre y el aire pulmonar. — Si sólo nos atuviéramos á la diferencia de tensión del O y del CO² entre la sangre venosa y el aire atmosférico, el cambio gaseoso respiratorio se explicaría fácilmente por la difusión gaseosa. En efecto, véanse las tensiones de los dichos gases en la sangre venosa y en el aire, según constan en la obra de Landois ², el cual á su vez las ha tomado de otros investigadores.

¹ *Recherches sur la toxicité de l'aire expiré.* — Arch. de Physiol., 1894, núm. 1, pág. 121.

² Landois, obra citada, pág. 228.

27 Medicin. Gijón

Tensión de la sangre venosa.	Tensión en el aire.
$O = 22^{\text{mm}}$ de mercurio ($2,9 \text{ ‰}$ en volumen).	$O = 158^{\text{mm}}$ de mercurio.
$CO^2 = 41^{\text{mm}}$ ídem ($5,4 \text{ ‰}$ en volumen).....	$CO^2 = 0,38^{\text{mm}}$ ídem.

Mas en realidad, el cambio gaseoso no se verifica entre la sangre y el aire atmosférico, sino con el contenido en los alvéolos pulmonares.

En dichos alvéolos, el aire no se renueva por completo, sino que está como embalsado, de donde resulta, que su composición dista mucho de la del atmosférico. Pflüger y Woffberg, á favor de catéteres elásticos, han aislado y analizado el aire contenido en un territorio alveolar; y aunque este análisis no pueda darse por normal, enseña mucho acerca de la alteración que experimenta el aire estancado en los pulmones. Véanse las cifras que copio del ya citado libro de Landois:

Tensión de O en los alvéolos pulmonares.	Tensión del CO^2 en los alvéolos pulmonares.
$27,44^{\text{mm}}$ mercurio ($3,6 \text{ ‰}$ en vol.).	27^{mm} de mercurio ($3,56 \text{ ‰}$ en vol.).

La composición de estas cifras con las anteriores arrojan una diferencia en la tensión del O en los alvéolos y en la sangre venosa de $5,44^{\text{mm}}$ de mercurio en favor del aire; y por lo que hace al CO^2 , la diferencia es de 14^{mm} en favor de la sangre venosa. Más claro: con arreglo á las leyes de la difusión, está garantizado el paso del O desde los alvéolos á la sangre, y el de CO^2 en sentido inverso.

Pero si se tiene en cuenta que es pequeña la diferencia de tensión del O entre el aire alveolar y la sangre venosa, y aún menor entre la sangre arterial y el dicho aire de los alvéolos, surge al ánimo la sospecha de que no es la difusión sola la que interviene en el cambio respiratorio. Es más: los animales de sangre fría, encerrados en una atmósfera limitada, no sucumben hasta que han agotado el O, y es evidente que antes que este gas se agote

ha debido haber un período en el que la tensión del mismo en el espacio cerrado ha sido menor que en la sangre.

Como ya hemos dicho en otra ocasión ¹, inmediatamente que el O difunde en el plasma, se apodera de él la hemoglobina para constituir un compuesto químico, la oxihemoglobina.

Por lo que toca á la exhalación del CO², todos los fisiólogos están conformes en que la tensión de este gas se eleva bruscamente en los pulmones; y la experiencia ha demostrado que los glóbulos rojos, ó mejor dicho, la oxihemoglobina, es la causa de este aumento de tensión. Es probable que los carbonatos y bicarbonatos se descompongan dejando en libertad el CO², y que también quede libre el que va unido á la hemoglobina. Por donde se demuestra la relación íntima que existe entre la absorción de O y la exhalación de CO².

Coefficiente respiratorio. — No toda la hemoglobina va combinada con el O, sino que aun en la misma sangre arterial hay una porción de ella reducida, como en reserva. Si nosotros averiguamos la cantidad de O que produce un volumen dado de sangre y calculamos el O que corresponde á la materia colorante contenida en dicho volumen, suponiendo que toda ella se convirtiese en oxihemoglobina, encontraremos una diferencia que justifica nuestra anterior afirmación; es decir, que en la sangre hay hemoglobina de reserva para acudir al organismo en los casos de apuro.

Meyer ² que ha hecho curiosísimos estudios sobre este tema, llama coeficiente respiratorio al cociente de dividir el O que lleva la sangre por el que debía llevar si toda la hemoglobina fuese en estado de oxihemoglobina O¹.

$$\text{Coeficiente respiratorio} = \frac{O}{O^1}.$$

Según los experimentos del autor citado, el coeficiente respi-

¹ Véase «Combinaciones de la hemoglobina,» pág 277.

² *Archives de Physiologie.*

ratorio se aproxima mucho á la unidad en las intoxicaciones por el CO y en otras enfermedades. Y es que, en los casos extremos, toda la hemoglobina de la sangre se pone en actividad para suplir la deficiencia de O.

Respiración interna. — Los tejidos vivos tienen más apatencia por el O que la hemoglobina, y así es que se lo roban y la reducen. Esta combinación del O con los tejidos se verifica en los capilares sanguíneos, y por eso la sangre venosa está muy cargada de hemoglobina reducida; de aquí su color púrpura.

Á la vez que los tejidos se apoderan del O de la sangre, exhalan en ésta y en los demás humores el CO². En la respiración interna, como en la pulmonar, se conciertan la absorción de O y la exhalación del CO².

Mas no se crea que todo el O que se fija en los tejidos se combina con el C para constituir CO²: parte de él se asimila, sobre todo en los jóvenes ¹, y parte se combina con el H para formar H²O. Regnault y Reiset dieron el nombre de *cociente respiratorio* al que resulta de dividir el CO² producido por el O absorbido ($\frac{CO^2}{O}$): este cociente es menor que la unidad, y su cifra, variable con la influencia del clima, los alimentos, etc., se ha tasado para un hombre adulto en reposo en 0,864, término medio.

Tampoco se verifica instantáneamente la combinación del O con el C, sino que entre la absorción del primero y la exhalación del CO² hay relativa independencia. El CO² que se excreta en una espiración no procede de la combustión por el O de la ins-

¹ Mercier, experimentando en sí mismo y en varios jóvenes de 21 á 23 años de edad, halló que la máxima absorción de O se verifica dos horas después de la comida del medio día, y la mínima en ayunas. Véase la diferencia entre el autor (63 años) y los jóvenes sujetos.

El autor (4 experimentos). Término medio del O absorbido por minuto, 30 c. c.

Asistentes (7 experimentos). Término medio del O absorbido por minuto, 37,4 c. c.

piración inmediatamente anterior, sino del que ya poseían los tejidos. La combustión del carbono es indirecta, pues este cuerpo no se encuentra libre en el organismo, y, además, el oxígeno absorbido por los tejidos queda en reserva para ulteriores oxidaciones.

Si se corta la vena de un músculo ó de una glándula en actividad, la sangre sale rutilante, rica en O y pobre en CO_2 : todo lo contrario sucede cuando los órganos están en reposo. Un dato más: cuando sometemos un músculo fresco de rana en el vacío de la bomba de mercurio ó en una atmósfera de hidrógeno, apenas desprende O, y, sin embargo, si excitándole le obligamos á contraerse, durante la contracción exhala CO_2 . ¿De dónde proviene el O de este CO_2 ? En el músculo estaba, pero no libre, porque si libre hubiese estado, se habría desprendido en el vacío.

En la sangre deben verificarse combustiones que produzcan CO_2 y consuman O; pero apenas tienen importancia si se las compara con las de los tejidos. Hemos visto en nuestro laboratorio oxidarse la glucosa en la sangre conservada *in vitro*; pero aunque esta combustión pueda reputarse como normal, la cifra de glucosa consumida es muy pequeña en relación con la que desaparece de la sangre cuando se la hace circular por los vasos de un miembro vivo. Además, la linfa, la orina y la bilis contienen CO_2 , lo cual prueba que las combustiones no se verifican en la sangre, sino en los tejidos.

Lección XLII

Gobierno nervioso de la respiración

Sumario: La respiración es un acto autóctono-reflejo. — Concierto respiratorio. — Vías centripetas del reflejo respiratorio. — Centros. — Vías centrifugas. — Excitantes fisiológicos de los centros de la respiración. — Respiración cutánea.

La respiración es un acto autóctono-reflejo.—La respiración pulmonar se cumple por mecanismo autóctono ¹ de los centros nerviosos, sin perjuicio de que la voluntad y las acciones reflejas influyan sobre ella. Todos los músculos que intervienen en la respiración son voluntarios, por cuanto pueden moverse por mandato de la voluntad. Esta potencia anímica no sólo influye sobre cada músculo en particular, sino también en el concierto respiratorio, y así somos dueños de respirar más deprisa ó más despacio, más superficial ó más profundamente.

Sin embargo, el poder de la voluntad en la respiración no es ilimitado. En ausencia de ella (sueño, anestesia, apoplejía, etc.), la respiración sigue verificándose; es más, la necesidad de respirar vence á la voluntad, y nadie puede suicidarse suspendiendo voluntaria y directamente la respiración.

¹ Gad propone, á mi juicio con razón, la palabra *autóctono* á la de *automático*, que emplean la generalidad de los autores. Los centros respiratorios no son automáticos, en el sentido de moverse á sí propios, sino autóctonos, porque tienen su forma de acción por mecanismo orgánico preestablecido.

Estos hechos demuestran que la respiración se cumple por un mecanismo subordinado hasta cierto punto á las determinaciones de la voluntad.

La amputación del encéfalo al nivel de los tubérculos cuadrigéminos priva á los animales del ejercicio de todas sus funciones psíquicas, sin que el ritmo respiratorio se suspenda ni casi se altere. También continúa la respiración, aunque muy alterada en su ritmo, cuando se seccionan los nervios sensitivos, lo cual prueba, que con independencia de toda solicitud refleja, los centros respiratorios se bastan á mantener los movimientos respiratorios.

Una sección de la médula en su unión con el bulbo suspende los movimientos respiratorios torácicos y produce la asfixia; pero en los animales jóvenes, previa intoxicación con la estricnina, la excitación eléctrica de la médula espinal puede ocasionar movimientos respiratorios concertados. Parece que los impulsos respiratorios se conciertan en la médula, pero ésta no tiene iniciativa para producirlos.

Estudiaremos sucesivamente el concierto respiratorio, ó sea el acto reflejo en sí mismo, y analizaremos después sus vías centripetas, los centros, las vías centrífugas y los excitantes fisiológicos que entretienen el mecanismo reflejo.

Concierto respiratorio.—Para que la respiración se cumpla regularmente, es preciso que los músculos inspiradores y expiradores funcionen concertadamente; así, por ejemplo, la expiración no es posible si no han dejado de contraerse los inspiradores; y aun tratándose de esta última clase de músculos, escaso provecho se sacaría si entrara en contracción el diafragma no estando fijo el tórax por los escalenos, supracostales é intercostales externos. Cuando la respiración se hace difícil (disnea), entran en juego los inspiradores complementarios, y éstos en general no pueden funcionar si previamente no se fijan por la contracción de otros músculos, las partes en que toman punto de apoyo; por esta razón vemos á los disneicos con el tronco levantado, la cabeza tirada atrás y los hombros fijos.

Muchos de estos músculos inspiradores complementarios, como, v. gr., el trapecio, reciben dos clases de nervios motores, los cuales parecen destinados á la función respiratoria y á la propia del músculo respectivamente. En el ejemplo del trapecio el nervio espinal se destina á los movimientos de expresión, y los nervios cervicales á los respiratorios.

Este concierto se verifica en la médula espinal, en la oblongada y tal vez en el propio encéfalo (Brown-Sequard), pero la iniciativa siempre corresponde al bulbo.

Vías centripetas. — Influyen sobre los centros respiratorios, los pneumogástricos, los nervios sensitivos en general y el trigémino en particular.

Los nervios vagos conducen á los centros dos clases de impulsos nerviosos aferentes: unos que van á excitar los movimientos de inspiración, y otros que van á inhibirlos y á provocar movimientos de expiración. Estas dos clases de impulsos parece que son conducidos por filetes nerviosos distintos, y así la excitación del laríngeo superior (rama del vago) suspende la inspiración y provoca la expiración, mientras que las fibras pulmonares que conduce el tronco del pneumogástrico determina la inspiración.

En el estado fisiológico, los impulsos, tanto inspiratorios como expiratorios, que conduce el vago, se originan en las alternativas de dilatación y contracción del tórax; los cambios de presión que estas alternativas producen, y tal vez el ácido carbónico, sirven de excitantes á las terminaciones del dicho nervio.

Si se seccionan los dos nervios vagos en el cuello, la respiración continúa, pero el ritmo se hace más lento, las inspiraciones más profundas, y como que lo que se pierde en frecuencia se gana en intensidad, el cambio gaseoso no se altera. Esta relativa normalidad es pasajera, pues al cabo de poco tiempo el animal sucumbe por lesiones pulmonares que más adelante referiremos (véase la lección LV).

La excitación del cabo central de cualquiera de los nervios vagos produce distintos fenómenos, según su intensidad. Cuando ésta es mediana,

la respiración se acelera y se hace superficial; y si es muy enérgica, la respiración se suspende en la fase inspiratoria, por tétanos del diafragma.

La excitación del laríngeo superior, no sólo suspende la inspiración, sino que provoca movimientos expiratorios; y cuando es muy enérgica, suspende el ritmo en la fase de expiración.

La influencia de los nervios sensitivos sobre el ritmo respiratorio es de conocimiento vulgar, pues siempre que se quiere volver á la vida á un individuo que no respira, se acude á excitar los nervios de la piel (aspersiones, friegas, cáusticos, etc.), ó los de las mucosas (olores fuertes, titileo en la campanilla, tracciones rítmicas de la lengua, etc.)

Los siguientes hechos son ejemplo de modificaciones en el ritmo respiratorio á causa de excitación de los nervios sensitivos: 1.º La aceleración respiratoria por inhalaciones de éter ó de cloroformo (irritación de la mucosa laríngea). 2.º Alteración del ritmo por quemaduras extensas ó superficiales de la piel. 3.º El estornudo por excitación de los nervios ópticos (luz viva) ó de los trigéminos (aspiración de polvos irritantes por la nariz). 4.º La tos, que se produce por excitación de muchos nervios sensitivos, y en especial por la del laríngeo superior. 5.º La excitación experimental del trigémino ó del ciático ocasiona una modificación del ritmo, que se hace muy notable por la asimetría que resulta, si previamente se han separado los centros respiratorios de uno y otro lado, por un corte medio vertical del bulbo.

Centros respiratorios. — De antiguo se localiza en el bulbo el centro ó los centros principales de la respiración. Una lesión en el suelo del cuarto ventrículo, entre la punta del *calamus sriptorius* y el origen de los pneumogástricos, produce instantáneamente la muerte; á este punto le llamó Flourens *nudo vital*. El centro respiratorio bulbar no es el único, pues á lo largo de la médula espinal y en el territorio de las astas anteriores se encuentran focos inervadores organizados para el servicio de la respiración. Lo que ocurre, según hemos dicho, es que la iniciativa, ó si se quiere el primer factor de este mecanismo, está en el bulbo, y cuando éste deja de influir, bien por lesiones directas ó bien porque se le separe de la médula cervical, la respiración se suspende, aunque los músculos no estén paralizados y puedan entrar en ejercicio por excitación directa.

Brown-Sequard¹ ha sostenido pocos años antes de su muerte la existencia de centros encefálicos ó suprabulbares que pudieran suplir la función del propio bulbo cuando éste hubiera sido destruido. Si las lesiones bulbares matan con la rapidez del rayo, es porque son instantáneas; pero cuando la médula oblongada es destruida muy lentamente por un tumor ó por lesiones experimentales hechas con mucha cautela, pueden alcanzar proporciones enormes sin que la respiración se altere.

Los centros del bulbo son dobles y simétricos, como lo prueba el mantenimiento de la respiración después de la sección media y vertical de la médula oblongada; dichos centros se encuentran unidos entre sí por fibras comisurantes, y con los centros medulares y encefálicos por las fibras de los cordones.

Vías centrifugas. — Son los nervios motores de los músculos inspiradores y expiradores. Entre los principales nervios respiratorios se encuentran los frénicos, el facial, el espinal, los intercostales y ramos de los plexos cervicales y faciales.

Excitantes fisiológicos del centro respiratorio. — Los excitantes de que nos vamos á ocupar obran, mediante la sangre, sobre los propios centros bulbares, y son el ácido carbónico, el oxígeno y el calor.

El ácido carbónico de la sangre es un estimulante poderoso de los centros respiratorios, como lo prueban los fenómenos de la asfixia. Cuando la sangre es muy carbónica, la respiración se acelera y las inspiraciones se hacen muy profundas (disnea); á poco que se exagere este estado entran en juego los músculos inspiradores complementarios, luego los expiradores, y en fin todos los del cuerpo se desatan en convulsiones.

Tanto como el exceso de ácido carbónico influye sobre la respiración el defecto ó abundancia de oxígeno en la sangre: cuando

¹ Brown-Sequard: «Faits cliniques et expérimentaux contre l'opinion que le centre respiratoire se trouve uniquement ou principalement dans le bulbe.» — *Arch. de Physiologie*, 1893, núm. 1, pág. 131.

ésta lleva la proporción normal de ácido carbónico, pero es pobre de oxígeno, se produce también la disnea.

Para que la respiración se verifique normalmente, hace falta que la proporción de gases en la sangre y la temperatura de este humor sean normales.

Si la sangre lleva más oxígeno que de ordinario, el ritmo se hace muy lento y hasta puede suspenderse la respiración (*apnea*). Parece á primera vista que la *apnea* es un fenómeno dependiente de un exceso en la provisión de oxígeno, pero en realidad es un fenómeno más complejo, que depende de un cambio en la excitabilidad de los centros nerviosos, y lo prueba que puede producirse en condiciones muy diversas; v. gr.: la *apnea* de los fetos en el claustro materno y la que se produce experimentalmente por inyecciones en las venas de una disolución de cloruro de sodio, previa sangría.

La temperatura elevada de la sangre, ora se produzca por aumento de las combustiones (febricitantes), ora sea por el calor del medio ambiente, produce una aceleración del ritmo respiratorio llamada *taquipnea*. Está probado que el exceso de temperatura obra directamente sobre el bulbo, pues el recalentamiento artificial de la sangre de las carótidas produce la *taquipnea*, aunque permanezca normal la temperatura del cuerpo.

Pero lo más notable del mecanismo respiratorio es que los centros autonómicamente pueden mantener el ritmo en ausencia de todo excitante directo ó reflejo. Sólo así se explica que subsistan movimientos rítmicos de dilatación en el ala de la nariz después de la decapitación, y que se mantenga la respiración después de la ligadura de las cuatro arterias cervicales (Gad).

Respiración cutánea. — La piel, pese á su extensa superficie, tiene escasas aptitudes respiratorias en el hombre. Es más bien una membrana de impresión y excreción que no de respiración.

El mecanismo del cambio gaseoso cutáneo es análogo al pulmonar, sólo que la excreción de agua es mucho más considerable por la piel. Las glándulas sudoríparas vienen á ser, desde este aspecto consideradas, reguladores térmicos y puertas para la excreción del agua.

Están muy mal determinadas las cantidades de CO_2 exhalado y O absorbido: el primero se evalúa en 10 gramos para las veinticuatro horas, y el O en una cantidad menor ($\frac{1}{127}$ del absorbido por el pulmón).

La cantidad de CO_2 aumenta con la temperatura ambiente y con el ejercicio muscular.

El agua excretada por la respiración cutánea es inseparable de la del sudor, y por esta razón no ha podido tasarse.

Lección XLIII

Reservas nutritivas.

Sumario: Reservas nutritivas. — Origen del glucógeno. — Destino del glucógeno. — Preparación del glucógeno. — Origen de la grasa en el organismo. — Destino de las grasas. — Importancia de las reservas nutritivas.

Reservas nutritivas. — De los principios inmediatos que recibe el hombre por la absorción, una parte se metaboliza en el acto y se convierte en productos excrementicios, otra se asimila, y otra queda depositada en los tejidos como reserva. Desde este último punto de vista se parecen, el hombre y los animales, á las plantas, con una sola diferencia de grado: que las plantas son principalmente organismos que elaboran y almacenan principios inmediatos, mediante reducción; y los animales, más bien destruyen por oxidación, que construyen por síntesis, los dichos principios inmediatos.

Aparte de la escasa reserva de oxígeno que contienen los tejidos, que, como hemos visto, no basta á mantener sus funciones más allá de un término brevísimo, se encuentran en ellos, como principios inmediatos en reserva, el glucógeno y la grasa. el primero es siempre producto de elaboración de la economía, y la segunda, aunque se fabrique también, puede proceder directamente de los alimentos.

Origen del glucógeno. / No todos los tejidos tienen aptitud para elaborar glucógeno; al menos, no se le encuentra en el adulto más que en el hígado, en los músculos y en los glóbulos blancos. La aptitud glucogénica parece más extendida en el embrión y en el feto, porque se ha encontrado esta substancia en casi todos sus tejidos.

El glucógeno lo producen los tejidos, y singularmente el hígado, á expensas de las tres clases de principios inmediatos, á saber: 1.º, por deshidratación de la glucosa; 2.º, por desdoblamiento de los albuminoides; y 3.º, por transformación de la glicerina de las grasas (?). Las tres clases de principios inmediatos á cuya costa el organismo fabrica glucógeno, proceden de la absorción. La experiencia demuestra que la cantidad de glucógeno reservada en los tejidos es proporcional á la alimentación: en la inanición la economía consume todo su glucógeno, pero es incapaz de formarle á expensas de los principios inmediatos de los tejidos.

No todas las dietas son igualmente favorables á la glucogénesis; la que lo es más es la amilácea, sin duda por la facilidad que ofrece la glucosa á convertirse en glucógeno; sigue después la albuminoidea, y en último término la grasa. Una alimentación exclusiva por esta última clase de substancias no hace aumentar, sino disminuir la cantidad de glucógeno en reserva. La glicerina aumenta, ó cuando menos mantiene la cifra de glucógeno, hecho que tiene tres explicaciones: ó la glicerina se oxida directamente y evita el consumo de glucógeno, ó se transforma en esta substancia, ó impide la transformación del glucógeno en glucosa. Las dos últimas explicaciones cuentan muchos partidarios entre los fisiólogos.

Desde que Cl. Bernard en 1843, buscando la glucosa, que se suponía elaborada en el hígado, encontró el glucógeno, se han sucedido sin interrupción las investigaciones, y hoy, felizmente, el tema puede darse por resuelto. Las conclusiones fundamentales son las que antes dejamos expuestas.

El siguiente cuadro de Halliburton ¹ expresa la reserva de glucógeno en los diversos órganos:

Órganos.	Peso del tejido	CONTENIDO DE GLUCÓGENO	
		Cifra total.	Tanto por 100.
Hígado.....	250,5 grm.	21,6 grm..	10,5
Músculos.....	1327,5 »	17,52 »	1,32
Otros tejidos (excepto la piel y la grasa).....	382,5 »	5,05 »	»

La cuestión que ha dado más que hacer á los fisiólogos es la que se refiere al origen del glucógeno por los albuminoides. En las reacciones de laboratorio nunca resulta glucógeno de la descomposición de los proteicos, pero esto no es una razón para negar que se produzca en el organismo. Es muy probable que el hígado y los músculos forman glucógeno á expensas de la albúmina; y á partir de esta afirmación, no es aventurado suponer que esta sustancia se desdobra en un cuerpo ternario y no nitrogenado, el glucógeno, y en otros productos muy azoados, como, por ejemplo, la urea, la leucina y la tirosina. Precisamente estos tres productos se encuentran en el hígado, y ya hemos indicado en otro lugar las relaciones entre la elaboración de los pigmentos biliares y el glucógeno (véase la lección XIX). Además, como veremos más adelante, la alimentación muy rica en albuminoides se acompaña de dos fenómenos, que bien pudieran ser correlativos: aumento de glucógeno en los tejidos, y crecimiento notable en la urea de la orina. (Véase *Urea* en la lección inmediata.)

Destino del glucógeno en el organismo. — Que el glucógeno es una reserva nutritiva destinada á utilizarse ulteriormente, lo demuestran los siguientes hechos:

1.º La proporción de glucógeno es mayor en los tejidos embrionarios que en los adultos, sin duda porque en aquéllos el trabajo de formación domina á la producción del calor y á los trabajos exteriores.

¹ Halliburton, obra citada, pág. 546.

2.º El glucógeno disminuye, hasta desaparecer, en las fiebres y con los trabajos musculares excesivos.

3.º El glucógeno aumenta con el reposo de los músculos y la baja de las combustiones (animales invernantes durante la invernación).

Véase la siguiente estadística de Manché ¹ acerca de la pérdida de glucógeno que experimenta un miembro cuyos músculos han sido tetanizados por un tiempo variable entre 23 y 65 minutos.

Experimentos.	Glucógeno en el miembro en reposo.	Glucógeno en el miembro tetanizado.	Pérdida de glucógeno en el tetanizado.
1.....	0,1277 gramos...	0,114 gramos...	12,76.
2.....	0,2287 » ...	0,1942 » ...	50,09.
3.....	0,2267 » ...	0,1917 » ...	15,44.

El glucógeno ² es poco soluble, y, por tanto, ni se le encuentra en la sangre, ni puede ser utilizado en la nutrición. Cl. Bernard vió claro desde el principio: él creyó que el glucógeno, para utilizarse en la nutrición, había de transformarse en glucosa, y demostró dicha transformación en el hígado recién extraído de los animales. Su hipótesis ha sufrido diferentes alternativas, pero al cabo ha vencido.

En el hígado, *post mortem*, tiene lugar la transformación del glucógeno en glucosa; y aunque no tenemos prueba directa de que se verifique lo mismo durante la vida, los indicios son tan numerosos como favorables. Júzguese por los siguientes hechos: 1.º, la sangre de la vena hepática contiene más glucosa que la de la vena porta; 2.º, las lesiones vasculares y nerviosas del hígado producen un aumento tal de glucosa, que la sangre no puede desembarazarse de ella y la descarga en la orina (glucosuria); 3.º, las lesiones del páncreas, según ha demostrado Kaufmann, producen

¹ Citado en la obra de Halliburton, pág. 424.

² Véase *Glucógeno*, pág. 114.

glucosuria por lo que influyen en las funciones hepáticas (véase secreción interna del páncreas); y 4.º, el glucógeno, que desaparece en los músculos cuando se contraen, no ha podido consumirse si antes no se ha transformado en glucosa.

La transformación del glucógeno en glucosa consiste en una sencilla hidratación, pero aún no están de acuerdo los fisiólogos acerca del agente que la produce. Para unos (Wittich) se debe á un fermento amorfo análogo al de la saliva, y para otros es una acción directa de las células vivas.

El hecho de que la transformación del glucógeno en glucosa se suspenda en el hígado muerto, cuando se hierve, es tan favorable á una como á otra teoría, pues lo mismo los fermentos que las células pierden su actividad á la temperatura de la ebullición. El extracto glicerolado de hígado goza de propiedades sacarificantes, pero lo mismo sucede con el extracto de músculos, de glándulas, y aun con el pus, según he tenido ocasión de comprobar.

Preparación del glucógeno.— En el laboratorio nos valemos del procedimiento de Brücke. Al efecto se sacrifica un animal (conejo ó perro), se pone una cánula en la vena porta y otra en la cava inferior, y se hace pasar á través de los vasos del hígado una corriente de agua salada, hasta que salga clara. Después se saca el hígado, se corta en pedazos y se le sumerge en agua acidulada con el acético y á la temperatura de la ebullición: luego se le macera en agua destilada fría, y se filtra el macerado. El líquido resultante es turbio, por el glucógeno que contiene, y muy pobre en sustancias proteicas: para desembarazarle de éstas se le trata por el ioduro doble de potasio y mercurio, y se le vuelve á filtrar. El líquido filtrado se reduce de volumen por evaporación, y luego que está algo concentrado se le trata con un exceso de alcohol, que precipita al glucógeno, se vuelve á filtrar y se recoge este amiláceo en el filtro.

El hígado de los animales sanos y bien nutridos puede contener hasta el 10 por 100 de glucógeno.

Para obtenerle de los músculos el procedimiento es análogo, sólo que, en vez de hacer el extracto en el agua, conviene más una disolución alcohólica.

Origen de la grasa en el organismo.— El hombre

recibe una gran cantidad de grasa por la absorción, pero además puede producirla y de hecho la produce por el metabolismo de sus tejidos. Tal es la aptitud de los animales á fabricar grasa, que de las tres clases de principios inmediatos son aquéllas las únicas que pueden faltar en el régimen sin tan grave detrimento como sufre la economía cuando se la priva de amiláceos ó albuminoides.

La grasa la producen los tejidos, y especialmente el hígado y la glándula mamaria, á expensas de los albuminoides y de los hidratos de carbono. La experiencia vulgar nos asiste en estas afirmaciones, pues no hay más que recordar cómo engordan los animales alimentados con carne y feculentos. Compárese la cantidad de grasa que lleva en sus tejidos un cerdo cebado, ó la que excreta por la glándula mamaria una vaca de leche, con la grasa de sus respectivos alimentos, casi todos ellos amiláceos, y no podrá menos de reconocerse la producción de grasas por el organismo. Además tenemos otros muchos argumentos en pro de la fabricación de grasa á costa de los albuminoides y feculentos.

La investigación química nos ha enseñado que entre los productos de descomposición de los albuminoides se encuentran los ácidos grasos, y que dichos ácidos se producen por fermentación de la glucosa (fermentación acética, láctica y butírica). ¿Y que son estas últimas fermentaciones sino producción de grasa por los organismos vivos (fermentos) á expensas de la glucosa?

Los tejidos animales, cuando degeneran, producen la grasa por descomposición del protoplasma (degeneración grasosa de los músculos paralizados y descomposición grasienta del hígado en las intoxicaciones por el fósforo y el alcohol).

Los músculos de los cadáveres sepultados en terrenos húmedos ó abandonados en el agua, se convierten en una especie de grasa, llamada adipociria.

La grasa de la leche aumenta con un régimen de carne.

Los experimentos de Voit y Pettenkofer han demostrado que en los animales alimentados con carne todo el ázoe de ésta se excreta en forma de urea; pero comparando la cifra del carbono de la urea con el que

ingresó con la carne, resulta un déficit de carbono que ha debido quedar en la economía constituyendo grasa ó glucógeno. Véase el cálculo hipotético que hace Henneberg ¹ para explicarse el metabolismo proteico: cien partes de albúmina se desdoblán en 35,5 de urea, que lleva consigo todo el ázoe y 65,5 de cuerpos ternarios no azoados: estos últimos se hidratan con 12,3 de agua y producen 27,4 de ácido carbónico y 51,39 de grasas.

Aunque aceptada por casi todos los fisiólogos, no es tan fácil de explicar la formación de grasa por reducción de los hidratos de carbono; pues si bien es cierto que éstos por fermentación producen los ácidos grasos (fórmico, láctico y caproico), también lo es que hasta ahora no se ha demostrado directamente la producción de los de mayor peso atómico, como el palmitico y esteárico que, con el oleico, constituyen las grasas animales. Quizá, como opina Voit, la glucosa, más oxidable que la grasa, se combustione en vez de ésta. La explicación vendrá algún día; mas entretanto, no es posible negar que los animales engordan con los amiláceos.

La grasa producida por el organismo, ó al menos la elaborada por el hígado, es más oxidable que la ordinaria: en este hecho fundan algunos autores las ventajas del aceite de hígado de bacalao.

Mucho se ha discutido si la grasa de los alimentos puede quedar en reserva en el organismo. Como argumento en contra se aducía el hecho de que la composición de las grasas de un organismo era constante, cualquiera que fuese la de los cuerpos grasos que entraran en el régimen; pero este hecho no ha podido demostrarse, y, por tanto, resulta opinión más aceptable la de que tanto las grasas de la alimentación como las elaboradas por el organismo pueden quedar en los tejidos.

La grasa se infiltra en todos los tejidos del organismo, especialmente en el subcutáneo, en el epiplón y en el hígado, y

¹ Citado en la *Fisiología* de Beaunis, tomo 1, pág. 102.

puede demostrarse directamente, por sus caracteres ópticos, en las células: al principio aumenta la grasa y el protoplasma, y después sigue creciendo aquélla y disminuyendo éste.

En el siguiente cuadro aparecen según Gorup-Besanez, las proporciones centesimales de grasa de los diversos líquidos y tejidos del organismo.

Sudor.....	0,001 por 100.	Cartilago	1,3 por 100.
Saliva.....	0,02 » »	Huesos.....	1,4 » »
Linf.....	0,05 » »	Cristalino.....	2,0 » »
Sinovia.....	0,06 » »	Hígado.....	2,4 » »
Líquido amniótico.	0,06 » »	Músculos.....	3,3 » »
Quilo.....	0,2 » »	Cabellos.....	4,2 » »
Moco.....	0,3 » »	Cerebro.....	8,0 » »
Sangre.....	0,4 » »	Tejido adiposo....	82,7 » »
Bilis.....	1,4 » »	Médula ósea.....	96,0 » »
Leche.....	4,3 » »		

En la composición de la grasa humana predomina la oleína, y más aún los tejidos del adulto, si se les compara á los del niño: en este último es mayor la proporción de palmitina.

Destino de las grasas en el organismo. — Las mismas razones que expusimos para proponer al glucógeno como reserva nutritiva militan en pro de las grasas, y no hay para qué repetirlas. Los cuerpos grasos se depositan en los tejidos, para cuanto la economía necesita de ellos: entonces se oxidan, y con su combustión entretienen el calor animal y los trabajos exteriores.

Á causa de la inanición, de la alimentación insuficiente, en las fiebres, y por los trabajos musculares excesivos, las grasas desaparecen rápidamente del organismo.

La oxidación de las grasas no puede ser directa, porque estos cuerpos á la temperatura del organismo no se oxidan ni aun por el ozono. Probablemente se trata de oxidaciones indirectas, y la hipótesis más corriente es que se desdoblan en ácidos grasos y

¹ Citado por Beaunis, tomo I, pág. 96.

en glicerina; esta última es muy oxidable; y en cuanto á los ácidos, se combinan con las bases alcalinas, desalojando de ellas al ácido carbónico y constituyendo jabones. La saponificación parece que puede verificarse por la acción directa del oxígeno y del ozono, en presencia de los álcalis.

La mayor parte de la grasa del organismo se combustiona, y otra porción se elimina en substancia por las secreciones (leche, bilis, jugo pancreático, etc.) *sebo*

Además de estas funciones, la grasa cumple el oficio mecánico de dar morbidez á las formas y defender al organismo del enfriamiento. Las grasas son malas conductoras del calor.

Importancia de las reservas nutritivas. Siendo la alimentación del hombre intermitente y azarosa, y estando expuesto á enfermar á cada paso, la existencia sería muy precaria si no fuera por las reservas nutritivas. Varios días de dieta ó de fiebre, ó una lesión digestiva que impidiera la alimentación por algún tiempo, darian de través con la vida del hombre, si éste, por no tener reservas nutritivas, viviera al día. De las dos substancias principales de reserva, las grasas ocupan el primer lugar, y además son muy visibles sus oscilaciones.

Es probable que haya también sales minerales en reserva; pero el rápido decrecimiento de las mismas en la orina, durante la inanición, indica que deben ser muy exiguas sus proporciones.

Lección XLIV.

Asimilación y desasimilación.

Sumario: Asimilación.—Crecimiento.—Principios recrementicios.—Oxígeno, agua, sales minerales, glucosa, grasa y albúmina.—Desasimilación.—Principios excrementicios.—Urea.—Antecedentes de la urea.—Ácido úrico y sus derivados.—Creatina y creatinina.—Leucomainas.

Asimilación. — Las células del organismo están siempre cambiando de composición: de una parte, reciben de los humores (sangre, linfa y líquidos plásmicos) oxígeno, sales, grasas, glucosa y albúmina; y de otra, vierten en los dichos humores los desechos de su nutrición (ácido carbónico, agua, urea, creatina, ácido úrico, lecitina, etc.), juntamente con los productos de su especial industria (fermentos, pigmentos, secreciones internas, etcétera).

Entre lo que recibe la célula y lo que excreta hay una diferencia de composición: lo que recibe contiene mayor energía química en tensión que lo excretado; de donde se deduce que, por el cambio celular, se transforman las energías intransitivas en calor, y trabajo mecánico. Á lo que reciben las células del organismo se le nombra principios recrementicios, por oposición á lo excretado, que son principios excrementicios.

De lo que antecede se saca que las células, como los tejidos y el propio organismo, tienen su mundo penetrante (endocosmos), y que del total volumen sólo una parte es materia viva. Así, por ejemplo, en una célula hepática encontramos grasa y glucógeno, pigmentos, protoplasma y núcleo; y de todos estos factores, sólo los dos últimos pueden considerarse como materia viva.

Es indudable que cada especie de células debe tener su particular apetencia, y así vemos las hepáticas metabolizar substancias albuminoides é hidratos de carbono, y á los músculos consumir estos últimos; pero ni conocemos la apetencia de todos los tejidos, ni es posible el estudio parcial de la asimilación.

Tampoco podemos distinguir en los ingresos de las células lo que se metaboliza en el acto de lo que en rigor se asimila. Sólo los músculos nos ofrecen en este punto una enseñanza que ya la quisiéramos para todos los tejidos. Los músculos entretienen su actividad con los hidratos de carbono y consumen proteicos únicamente para conservar su estructura.

Los experimentos de Fick y Wislicenus, demostrativos de que en los trabajos musculares la urea apenas aumenta mientras el ácido carbónico crece mucho; los de Chauveau y Kauffmann, que por el análisis diferencial de la sangre que va y vuelve de los músculos probaron que éstos, en estado de contracción, consumen tres ó cuatro veces más cantidad de glucosa que en el de reposo; los de Mosso, Paoletti y Harley¹, que establecieron directamente el aumento de energía muscular por la alimentación azucarada; y en fin, las observaciones hechas con los obreros, soldados, andarines, etc., han sancionado la afirmación, antes expresada, que los músculos consumen glucosa para entretener su trabajo.

Crecimiento. — Cuando la asimilación domina á la desasimilación, los tejidos crecen, y este crecimiento se ofrece al análisis de dos maneras: por aumento del protoplasma y por multiplicación de las células (mitosis).

No debe confundirse el aumento de volumen de la célula con el incremento del protoplasma, que es el verdadero crecimiento. Una célula puede aumentar de volumen cuando se llena de grasa ó de otra cualquier substancia, pero no se la puede conceder el desarrollo por esta infiltración; á lo más, si la materia infiltrada es una reserva nutritiva, podrá considerársela rica. En prueba de ello, exagérense las diferencias y se verá que

1 *British Medical Journal*, 23 Nov. 1895, pág. 1282.

no es lo mismo crecimiento que aumento de volumen: un obeso, v. gr., no sólo no es un organismo próspero, sino que está enfermo, pues el exceso de grasa entorpece el cambio nutritivo.

Para cada especie y para cada individuo, según las condiciones en que se halle, el crecimiento ó la asimilación deben tener un límite práctico; alcanzado éste, el crecimiento cesa; y si los ingresos son muchos, se metaboliza ó se reserva el exceso, pero no se asimila más de lo justo.

El límite del crecimiento se ha tratado de explicar por el creciente desequilibrio entre la superficie (frontera de cambio) y el volumen (masa que ha de nutrirse) á medida que el cuerpo se desarrolla; por la hipótesis que supone en cada germen un tanto de capacidad progresiva según la especie (Herbert Spencer), y porque se agota la facultad de multiplicarse las células. Probablemente intervienen las tres causas alegadas, pues á mi entender se resuelven en una: la mayor ó menor, pero al fin limitada energía que cada especie posee, en relación con la inmensa resistencia que oponen las energías cósmicas.

Por lo que hace al total organismo, desde que se inicia el período embrionario hasta que se completa el desarrollo, la asimilación domina á la desasimilación; y por tanto, el crecimiento es progresivo. En el período de estado, la asimilación y desasimilación sufren diversas alternativas; pero á menos de accidente patológico, se equilibran y mantienen las proporciones del cuerpo en sus límites naturales. Luego, en cuanto comienza la vejez, la desasimilación vence; y aun cuando el viejo esté gordo, esta gordura la debe á la grasa, no al verdadero crecimiento.

Dentro de este cuadro general se verifican muchas altas y bajas en el desarrollo de cada órgano; y así, por ejemplo, el hígado y el timo alcanzan su máxima en el feto, el tiroides en la pubertad, los genitales en la edad adulta, los mecanismos reflejos en la juventud, los inhibitorios y el cerebro en la edad madura, etc.

Principios recrementicios. — Con este nombre se designan las sustancias que se asimilan y las que se metabolizan por las células. Pasaremos revista á las principales.

El oxígeno es un agente metabólico por excelencia, pero también entra en la constitución de los protoplasmas. Ya hemos visto, que el oxígeno pasa de la hemoglobina á los tejidos y en éstos queda en forma hasta hoy desconocida. Lo único que sabemos es que por desasimilación producen los tejidos cuerpos diversamente combustionados, hasta llegar al ácido carbónico: estas combustiones son indirectas y probablemente se verifican por desdoblamiento.

El agua es un factor constituyente del organismo, y ni su asimilación ni desasimilación ofrecen dificultad alguna. En la economía se produce agua por combustión del hidrógeno, y también se verifican hidrataciones y deshidrataciones.

Las sales inorgánicas son esenciales á la nutrición, y por eso se las encuentra en todos los tejidos y humores. De entre las sales, se hacen necesarias las de sosa y potasa para facilitar la combustión de los principios inmediatos de los alimentos. Además, estas bases se unen á los ácidos orgánicos y facilitan su oxidación.

Las sales de cal cumplen en la economía un papel más pasivo, mas no por eso menos interesante. Se las encuentra en todos los tejidos, y especialmente en los de sostén (esqueleto), son muy estables y se prestan poco al metabolismo.

Los *óxidos* de hierro se reparten también en casi todos los tejidos, formando combinaciones complejas; una de las más interesantes es la hemoglobina.

Los *fosfatos* alcalinos se encuentran en todos los humores y tejidos y son muy metabólicos: lo prueba su constante ingreso con los alimentos, su eliminación con las heces y la orina, y la afinidad que por ellos muestran los cuerpos organizados. Los fosfatos de cal contribuyen á la formación de los tejidos duros.

Basta la presencia del azufre en las materias proteicas para juzgar de la importancia de los *sulfatos*; éstos provienen de la alimentación — aunque parece demostrado que puede oxidarse el azufre en el organismo — y están sujetos á continuo cambio.

Los *cloruros* son indispensables á la nutrición, como indica la riqueza del organismo en los de sosa y potasa. El cloruro de sodio interviene en la asimilación de las sales de potasa (Bunge) y favorece los cambios de los

tejidos tanto en el sentido de la asimilación como en el de la desasimilación.

Todos estos compuestos minerales deben ser considerados como principios recrementicios, si bien ignoramos el mecanismo de su asimilación. Todos los alimentos animales y vegetales los contienen, y la nutrición se altera gravemente cuando se ingresan con defecto ó se desasimilan con exceso.

La *glucosa* es el principal, si no el único principio recrementicio que producen los hidratos de carbono: procede en parte de los alimentos, y en parte de la hidratación del glucógeno; éste á su vez lo elaboran las células á expensas de los principios inmediatos de los alimentos, *glucosa* inclusive.

La *glucosa* se encuentra constantemente en la sangre, y como de continuo se consume, es evidente que de continuo se forma. Los tejidos consumen la *glucosa*, como lo prueba que la sangre venosa, á excepción de la del hígado, contiene menos cantidad que la arterial; pero este consumo no se verifica por combustión directa y total, sino indirecta y progresiva.

Contra la oxidación directa de la *glucosa* opusieron Bernard y Bouchard dos experimentos muy demostrativos. Cl. Bernard alimentó un animal con azúcar de caña, la cual se invierte en el tubo digestivo y pasa á la sangre como mezcla de *glucosa* y *levulosa*: esta última es más oxidable que la primera, y, sin embargo, la *glucosa* desaparecía de la sangre mucho antes que la *levulosa*.

Bouchard calculó de una parte la cantidad de *glucosa* que ingresaba y desaparecía de la sangre en un tiempo dado, y de otra la proporción de O absorbida y CO_2 eliminado en el mismo período, y halló que la cifra de la primera era muy superior á las combustiones que declara el último, aunque todo el O se hubiera destinado á la exclusiva oxidación de la *glucosa*¹.

Estos cálculos demuestran que no toda la *glucosa* que desaparece de la sangre se oxida en el acto en los tejidos; parte de ella se queda como reserva de glucógeno, según repetidas veces hemos dicho. Voit y Pettenkofer, por el método de la estadística, han demostrado cierta relación entre el C que lleva la *glucosa*, el CO_2 exhalado y el aumento de peso que gana el animal durante el lapso del experimento.

Las *grasas* que hemos encontrado en las células las producen también

¹ Bouchard: *Maladies par ralentissement de la nutrition*, 1885, pág. 153. Bouchard trata de demostrar con estos cálculos que la *glucosa* se asimila.

los protoplasmas, y son un manantial de energía para entretener los trabajos y el calor del organismo. Ya en otro lugar hemos tratado del consumo de las grasas, que se verifica por oxidación indirecta previo desdoblamiento.

Los principios recrementicios del orden proteico (probablemente albúminas) son un acicate para el cambio nutritivo; sin ellos la nutrición languidece y la vida es imposible; pero su exceso perturba y arruina. No se prestan las moléculas proteicas á quedar directamente en reserva nutritiva, como el oxígeno y las grasas, sino que se descomponen fácilmente y arrastran á la descomposición los demás principios inmediatos.

Cuando se abusa de los alimentos amiláceos puede ser tal el exceso de glucosa que invada la sangre, que este humor se descarga por la orina y aparecen glucosurias pasajeras: otro tanto puede ocurrir con la albúmina cuando el régimen proteico es extraordinario, pero en ambos casos ha de ser muy considerable el exceso. En cambio, por muy moderada que sea la alimentación, parte del ázoe absorbido se excreta ejecutivamente en forma de urea; la relación entre esta substancia y los ingresos es tan exacta, que en diversos experimentos que he realizado en el hombre y en los animales siempre ha podido deducirse el régimen por la urea, y ésta por aquél. Esto en el estado fisiológico, que cuando por la ablación de la glándula tiroides el animal queda incapacitado para aprovechar sus ingresos de albúmina, toda alimentación proteica se convierte en un veneno que agrava los accidentes de los tiroidectomizados.

De la albúmina que ingresa en la sangre, una parte, la menor, se asimila y sirve para reconstituir el protoplasma, y la mayor porción se desdobra en urea y otros cuerpos ternarios. Esta parte metabolizada compone lo que los alemanes llaman *consumo de lujo*.

Desasimilación. — Á consecuencia de su función, los tejidos transforman los principios recrementicios que reciben y su propia substancia, y el acto de abandonar los productos transformados recibe el nombre de desasimilación.

Los productos desasimilados van á constituir directamente, ó previa combinación, los principios excrementicios.

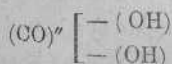
Tienen, pues, los productos desasimilados un doble origen, aunque prácticamente se deriven de un solo acto: ó provienen del metabolismo de los principios recrementicios, como el ácido láctico de la glucosa de los

músculos, ó de la descomposición del protoplasma, como la creatina de los mismos músculos. De estos productos, unos se eliminan desde luego, v. gr., la urea y el ácido carbónico, que pueden considerarse como principios excrementicios; y otros se transforman para eliminarse, por ejemplo, la creatina, que se convierte en creatinina ó en urea, y en estas formas se excretan.

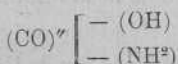
Principios excrementicios. — Los que se refieren á la combustión de la glucosa y de la grasa (agua, ácido carbónico y sales de los ácidos orgánicos) nos son conocidos; por tanto, hemos de reducir nuestro estudio á los que derivan del metabolismo de los proteicos de los alimentos y de los tejidos.

Todo el ázoe que excreta un individuo en el estado normal, sale del cuerpo con las heces y la orina. La cantidad de nitrógeno contenido en las primeras, salvo los productos de desintegración de los albuminoides que no se han absorbido, es muy pequeña; se contiene en la glucocola, leucina, tiro-sina y pigmentos, etc. La mayor cantidad del nitrógeno eliminado sale con la orina en forma de urea y de ácido úrico, principalmente como urea; pero interesa conocer otros cuerpos desasimilados que tienen ó pueden tener relaciones con la urea.

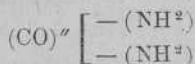
Urea. — $\text{CN}^2 \text{H}^2 \text{O}$. Las veces que hemos citado este cuerpo en las lecciones que preceden, declaran su importancia. Químicamente considerada, es una carbamida (diamida de ácido carbónico), ó sea el resultado de la saturación de las dos dinamicidades del radical carbonilo $(\text{CO})''$ por dos moléculas del radical amidógeno (NH^2) , según enseñan los siguientes esquemas:



Ácido carbónico hidratado
(cuerpo teórico).



Ácido carbámico.



Urea.

La importancia fisiológica de la urea viene de que es el producto más oxidado, más difusible, y por tanto más eliminable, de cuantos origina el metabolismo proteico. La normalidad de dicho metabolismo estriba en que los productos paren en urea, pues si se quedan en otros estados intermedios, v. gr., en ácido úrico, ni los alimentos ceden al organismo toda la energía que pueden (combustión incompleta), ni son fáciles de excretar sus residuos. Doble mal para la nutrición, que se observa en la diátesis ó retardo nutritivo.

La urea es un cuerpo sólido, cristalizable en prismas de cuatro caras terminados por facetas oblicuas, incoloro, de sabor fresco y amargo, muy soluble en el agua y algo menos en el alcohol absoluto. (Para el estudio de sus reacciones y dosificación, véase *Análisis de la orina*, pág. 475).

La urea, como con repetición hemos dicho, se origina en el metabolismo de los principios inmediatos de los tejidos y de los alimentos, y á consecuencia de este doble origen su cifra total se descompone en dos partidas: una menor, que procede de los tejidos y oscila poco en el estado normal (urea de la desasimilación); y otra mayor muy variable, que depende de la alimentación (consumo de lujo).

La cantidad de urea correspondiente al consumo de lujo puede multiplicarse á causa de una alimentación rica en ázoe, y decrece con el ayuno y el régimen amiláceo, como se puede notar en los siguientes experimentos realizados en nuestro laboratorio. La dieta ordinaria se compone de cocido (garbanzos, arroz y grasa), y las cifras de urea de la orina están calculadas con el ureómetro de Esbach y con relación á un litro.

Perro de 13 kilogramos de peso.

Dieta.	Urea.
Ayuno de 20 horas..	8'16 gramos
Ración ordinaria....	18'9 —
850 gramos de carne.	46'9 —
1 kilogramo de carne.	60'32 —
2 — —	71'10 —

Perro de 18 kilogramos de peso.

Dieta.	Urea.
Ración ordinaria....	16'51 gramos
Dieta azúcar, 1.º día	7'37 —
Idem idem, 2.º día..	7'11 —

Antecedentes de la urea. — Es probable que la urea se engendre directamente del desdoblamiento de la albúmina y por una serie de oxidaciones sucesivas. Gad explica este último origen de modo que la molécula de albúmina va perdiendo átomos de C y de H y aumentando la proporción de N., á medida que se acerca á urea. Entre los cuerpos excrementicios que se dan como antecesores de la urea, se cuentan el ácido úrico, la creatina, la leucina y la glucocola.

Respecto al ácido úrico, se invoca como argumento el hecho de que por oxidación é hidratación produce dos moléculas de urea y una de ácido mexosálico y que su proporción con la urea se encuentra invertida en los casos de retardo nutritivo. Estas pruebas no convencen, pues falta demostrar que el desdoblamiento del ácido úrico que tiene lugar en el laboratorio se verifique en el organismo; y por lo que hace al aumento de ácido úrico con perjuicio de la urea en los retardos nutritivos, no se compadece

Mucho albuminoides. $\text{Ca} \frac{1}{2} \text{C}; \frac{1}{3} \text{O}; \text{N} \frac{1}{6}; \text{Vb.}$

con el crecimiento del ácido úrico en la fiebre cuando son más exageradas las combustiones.

Las relaciones entre la creatina y la urea se han deducido del hecho de encontrarse la primera en la sangre y en los músculos, y, sin embargo, apenas se la halla en la orina. En vista de esto, argumenta Foster ¹: si la creatina se produce constantemente y no se acumula en la sangre, es porque se excreta á medida que se produce. ¿En qué forma abandona el organismo la creatina? El autor citado concluye que en forma de urea.

Las pruebas en favor de los demás cuerpos citados como antecesores de la urea son más débiles, y en general se fundan en reacciones químicas, cuya acción en el organismo está por demostrar.

La urea se produce constantemente por todos los tejidos, y probablemente en mayor cantidad en los órganos muy metabólicos, como el hígado, el bazo los y folículos cerrados del intestino. Respecto á los riñones, no puede sentarse ninguna conclusión definitiva, pero quizá transformen en urea algún cuerpo excrementicio antecedente á ella.

Ácido úrico y sus derivados. — El ácido úrico ($C^5 H^4 N^4 O^5$) es una molécula compleja, que tanto se la puede considerar una amida de cianógeno como un derivado de la urea. En el laboratorio, el ácido úrico, por una serie de oxidaciones é hidrataciones, produce multitud de cuerpos, entre los cuales el más principal es la urea, y le siguen en importancia la aloxana y los ácidos glicólico, oxálico y carbónico.

Como excreta se la encuentra en las heces y en la orina; y como principio excrementicio, en la sangre, hígado y cerebro. El ácido úrico es insoluble, y tanto para circular por el organismo como para atravesar las membranas, se une á las bases alcalinas, produciendo uratos solubles y cristaloides. El ácido úrico es sólido, cristalino, incoloro cuando está puro, y ordinariamente coloreado en rojo ó amarillo obscuro ², casi insoluble en el agua y soluble en el alcohol.

En el hombre el ácido úrico juega un papel secundario con relación á la urea; mas en cambio, en las aves, reptiles y anfibios supera al de la urea. La sustitución de la urea por el ácido úrico en las aves es un argumento en contra de los que le consideran producto de una imperfecta oxidación, porque las combustiones son más intensas en aquellos animales que en los mamíferos.

¹ *Fisiología*. Traducido por Vallina, pág. 473.

² Debe el color á la facilidad con que se tiñe por los pigmentos.

El ácido úrico deriva, como la urea, del metabolismo proteico, y he aquí las pruebas: 1.^a, el ácido úrico sustituye á la urea en la orina de ciertos animales (aves, reptiles etc.); 2.^a, aumenta en proporción al regimen proteico, y cuando se administran á los animales, con un fin experimental, cuerpos excrementicios azoados (xantina, sarcina, ácido aspártico, etc.); y 3.^a, en el cadáver, por corrupción de los tejidos, se cubren la piel, la mucosa gástrica y el hígado de incrustaciones de ácido úrico.

No están de acuerdo los autores en señalar el lugar ó lugares en donde se forma el ácido úrico. Sucesivamente se han propuesto y desechado los siguientes órganos: el hígado (Zaleusky y Meissner), el bazo (Ranke), el tejido conjuntivo y la sangre (Pawlinoff). En vista de que los autores citados aducen pruebas experimentales en pro de sus hipótesis respectivas, sin que ninguna de ellas anule á las otras ni convenza á nadie, parece lógico extender á todo el organismo la fabricación del ácido úrico. Esta conclusión, además, guarda armonía con cuanto llevamos aprendido en la nutrición.

Los experimentos de Treskin han demostrado que la cantidad de ácido úrico es proporcional á la riqueza en álcalis de la sangre; y los de Senator, en los perros, no han logrado evidenciar un aumento de ácido úrico en los casos de respiración insuficiente: en fin, Cazeneuve ha observado en las aves la independencia entre el oxígeno respirado y el ácido úrico, urea y amoniaco producidos.

Creatina $C^4 H^9 N^5 O^2$. — Este compuesto se encuentra como principio excrementicio en los músculos de todos los animales, en el tejido nervioso, en las glándulas y en la sangre; apenas se le encuentra en la orina, pero sí un derivado suyo, la creatinina. Los cristales de creatina son incoloros, afectan la forma de prismas romboédricos y se agrupan muchas veces constituyendo estrellas irregulares.

Por el hidrato de barita, previa hidratación, la creatina se desdobra en urea y sarcocina.

La creatina es un producto del metabolismo proteico, é incapaz de toda evolución progresiva: lo primero se prueba porque aumenta con un régimen azoad; y lo segundo, porque se elimina en substancia, ó transformada en urea, toda la creatina que se obliga á ingerir á los animales.

La creatina procede del cambio nutritivo de todos los tejidos, y se encuentra en cantidades notables en las especies que trabajan mucho (aves) y en los órganos de mayor actividad (músculos, nervios y glándulas).

La creatinina (anhidrido de creatina) es sólida, cristallizable, incolora y

soluble en el agua. En presencia de los álcalis, la creatinina se hidrata y torna á creatina.

Leucomainas. — Reciben este nombre ciertos alcaloides derivados del metabolismo proteico. Tienen un doble origen: en la descomposición de los albuminoides en el intestino, y en la desasimilación de los tejidos. Muchos de estos alcaloides son tóxicos, y sus efectos se hacen sentir sobre el sistema nervioso: quizá puedan aplicarse algún día al conocimiento de estos alcaloides las interesantes conclusiones de Lázzaro sobre los efectos del amoniaco y sus derivados en los conejos y ranas. En efecto: el amoniaco es un veneno convulsivo para estos animales, mas pierde su acción cuando se sustituye uno de H por un radical de ácido graso, y en cambio se exageran los efectos tóxicos si la sustitución se hace con el radical fenilo. ¿Ocurrirá lo mismo en el organismo? No podemos afirmarlo, pero es muy digna de notarse la circunstancia de concurrir á la formación de los principios excrementicios, tanto los derivados del amoniaco, como los ácidos grasos. Tal vez, si esta sospecha se confirmase, encontrarían explicación muchos hechos hasta el día inexplicables.

Á Pouchet¹ se debe el primer estudio completo de los alcaloides animales: esta sabio encontró y dió á conocer un alcaloide en la orina humana y su trabajo motivó otros de Gautier, Pettenkofer, Bouchard, Lepine y Charrín. Entre las bases descritas por Pouchet se encuentran la *uropilina*, la *uromelanina*, la *ureotobromina*, la *plasma* (aislada por Wurtz en la sangre), la *butilamina* (extraída por Gautier del aceite de hígado de bacalao) y varios alcaloides salivares.

He aquí cómo explica Gautier² la formación de los alcaloides: « Los animales, tanto superiores como inferiores, viven anaeróbicamente, en el sentido que no reciben más de las cuatro quintas partes próximamente del O que se encuentra en el conjunto de sus secreciones y en el aire expirado. El quinto del O que se hace constar en la totalidad de sus excreciones proviene, pues, de la destrucción autónoma de los alimentos y de los tejidos, destrucción que se verifica sin que intervenga el O atmosférico. Estas partes de nuestras células que viven á la manera de los fermentos de la putrefacción, son el lugar en donde se forman los leucomainas animales. »

¹ Pouchet *Contribution à la connaissance des matieres extractives*. — Thèse de 1880.

² *Comptes rendus. Acad. des Sciences*. Citado por M. Thyrrí.

Lección XLV.

Secreciones externas.

Sumario: Secreciones. — Mecanismo. — Secreciones externas. — Secreción del sudor. — Caracteres y composición del sudor. — Condiciones que modifican la secreción. — Influencia del sistema nervioso. — Secreción del sebo cutáneo. — Idem de las glándulas de Meibomio y del cerumen.

Secreciones. — Merecen este nombre los productos elaborados por las células animales: si dichos productos se vierten al exterior ó en las cavidades mucosas, la secreción se llama *externa*; y cuando se vierten en la sangre, *interna*. Surge de aquí naturalísima división de las glándulas; pero como las hay que segregan á la vez hacia la sangre y al exterior, hemos de considerarlas en tres grupos: 1.º, glándulas de *secreción externa*, con conducto excretor; 2.º, de *secreción interna* ó *metakerásticas*¹ (glándulas cerradas); y 3.º, *mixtas*. Al primer grupo corresponden las glándulas salivares, las gástricas é intestinales, las mucosas, la lagrimal, las sebáceas y las mamarias; al segundo, las linfáticas, el tiroides, la hipófisis, el bazo, las cápsulas suprarrenales, el timo y la próstata; y al tercero, el hígado, el páncreas, los riñones, y tal vez los testículos, los ovarios y las sudoríparas.

Esta clasificación es provisional, pues es probable que las glándulas que hoy se dan como de secreción externa exclusivamente,

¹ Μετακέρματα, ατος, τό, mezcla de dos cosas (sangre y productos segregados).

viertan en la sangre productos de su elaboración. ¡Quién hubiera creído hace veinte años que eran glándulas mixtas los riñones y el páncreas, que tienen secreción externa tan aparente!

Mecanismo genérico de las secreciones. — El ejemplo más simple de secreción se ofrece cuando el plasma de la sangre se filtra á través de una membrana viva: ésta deja pasar unas sustancias, retiene algunas para su nutrición é impide la filtración de otras. Este ejemplo se da en el riñón, como veremos más adelante.

En el polo opuesto del sencillo mecanismo que precede se halla otro que ya hemos descrito en las secreciones digestivas: las células glandulares toman los elementos para su nutrición de la sangre y de los líquidos plásmicos, y por metabolismo de su protoplasma, elaboran sustancias que no preexistían en el organismo y las vierten al exterior por el conducto de la glándula.

Un grado medio de complicación se halla en las llamadas glándulas vasculares-sanguíneas, las cuales producen células ó productos que vierten en la sangre, v. gr., las glándulas linfoides, que fabrican leucocitos, y el hígado, que elabora glucógeno. Estas glándulas son más activas, si cabe, que las anteriores; pero su oficio es menos aparente, pues se reduce á modificar la sangre que las riega: llega la arterial con una composición, y sale la venosa con otra.

Ahora bien: en más ó en menos, todos los tejidos modifican la composición de la sangre que los atraviesa, restando de ella los elementos que asimilan y adicionándole los que desasimilan. Por donde se ve que el concepto restringido que los antiguos tenían de las secreciones se ha dilatado con las internas, hasta el punto que resulta imposible una limitación rigurosa entre las glándulas y los demás órganos.

Una glándula, en su más simple expresión, es un nido ó un tubo ciego, lleno de células especiales, epitelicas por lo general, y abundantemente provisto de vasos sanguíneos y linfáticos y de redes nerviosas. Por los vasos de ambas clases comercian con el torrente circulatorio, y en los nervios

tienen un regulador de sus funciones. Las células son el elemento fabril por excelencia de las glándulas, y el líquido nutricio les presta las primeras materias para la industria; de la sangre toman, pues, lo que han menester, y por los linfáticos y las venas devuelven los desechos de su nutrición juntamente con los productos fabricados.

Del comercio entre las células glandulares y la sangre resulta para ésta una doble alteración:

1.^a *Negativa*, ó por sustracción de los elementos asimilados.

2.^a *Positiva*, por adición de los productos segregados ó desasimilados.

De los cuerpos sustraídos por las glándulas á la sangre, unos son francamente excrementicios, por ejemplo, la urea, la colessterina ó el índigo, y los trasiegan las células al conducto excretor como si se filtraran á través de ellas; otros los toman á medio elaborar ó en sus elementos, y los transforman en excreta, v. gr., las sales y pigmentos biliares, que se forman en el hígado á expensas de la hemoglobina, del glucógeno y ¡quién sabe si de algunos cuerpos más!

No está tan claro el problema en lo que hace á las sustancias elaboradas y vertidas por las glándulas en la sangre (secreciones internas); pero todo indica que actúan á manera de fermentos, ya induciendo profundas modificaciones en las primeras materias de nutrición — ejemplo, el páncreas en la glucosa, y el tiroides en la albúmina, — ya anulando ó neutralizando la acción tóxica de ciertos venenos que se engendran por el metabolismo de los tejidos.

Secreciones externas. — Estudiaremos en este grupo las de la piel, riñones y mamas. Las digestivas ya las conocemos y la lagrimal la trataremos en el aparato de la visión.

Secreciones de la piel. — Sin contar con la descamación epidérmica, que algunos autores consideran como secreción, hemos de estudiar la del sudor y la del sebo.

Secreción del sudor. — Las glándulas sudoríparas, cuyos conductos excretores se abren en la superficie de la epidermis, vierten su secreción en cantidades variables, según la región y diversas condiciones que después estudiaremos. Si la cantidad de sudor segregada es muy pequeña ó el aire muy seco, el líquido se eva-

pora á medida que se produce, y da lugar á lo que se llama transpiración ó *perspiratio insensibilis*; mas cuando es mucho el sudor segregado ó húmeda la atmósfera, el líquido baña la piel y corre á chorros por la cara, las axilas, planta de los pies, etc.

El sudor es un líquido claro, de olor muy variable según las personas y las regiones del cuerpo de donde procede, de sabor salado y de reacción por lo general ácida. Esta acidez se la prestan los ácidos grasos del sebo cutáneo fermentado (acético, fórmico, caproico, etc.), y por esta razón es alcalino el sudor recogido de las partes cuidadosamente lavadas con alcohol y éter.

El sudor contiene un 5 por 1.000 de sustancias sólidas, de las cuales la mitad próximamente es cloruro de sodio, y el resto se reparte entre la urea y los ácidos grasos.

Las glándulas sudoríparas tienen la forma de tubo apelonado, y son tan numerosas, que Sappey ha contado 300 por centímetro cuadrado en las regiones en donde más abundan (palma de las manos, plantas de los pies y axila). El orificio del conducto excretor es visible á simple vista y para verlo mejor basta exponer la mano ligeramente sudorosa á la luz intensa del sol: los orificios, llenos de sudor, reflejan la luz y se ven como puntos brillantes. Las glándulas sudoríparas ¿tienen secreción interna? No lo sabemos, pero hace falta averiguarlo para explicarnos los múltiples y graves efectos que se siguen á la supresión del sudor. Estos efectos no se explican porque dejen de segregarse el agua y la sal común, que forman la mayor parte de este humor.

Condiciones que modifican la secreción del sudor.—

Tres son las condiciones que influyen en la secreción del sudor: 1.^a, la temperatura del ambiente; 2.^a, la actividad circulatoria de la sangre; y 3.^a, la acción de ciertas sustancias químicas, como el ácido carbónico, el opio, nicotina, pilocarpina y atropina, etcétera. Todas estas condiciones ponen en juego el sistema nervioso, y producen alternativas tan grandes en la secreción, que ésta puede oscilar entre algunos centímetros cúbicos y dos litros por hora.

La influencia del calor exterior sobre la secreción es un hecho de observación vulgar. También aumenta la secreción el recalentamiento de la sangre (fiebres). La actividad circulatoria influye por el aumento de presión en la sangre y por la aceleración de la corriente: se da el primer caso cuando aumenta la masa de líquido por la ingestión de bebidas, se suprime ó se disminuye la secreción urinaria, ó aumenta la potencia del corazón. La mayor velocidad del círculo se obtiene en los trabajos musculares, pero éstos influyen en la secreción del sudor por excitación del sistema nervioso y por aumento en la cantidad de CO_2 producido.

Entre los agentes químicos cuya influencia es más evidente sobre la secreción, se cuenta el ácido carbónico (sudores de la disnea y de la agonia), el opio, la nicotina (sudores de la borrachera por el tabaco) y la pilocarpina. La atropina, por oposición, suprime la secreción del sudor, sin duda porque paraliza los nervios secretorios.

Influencia del sistema nervioso.— Todos los agentes que estimulan la secreción del sudor lo hacen actuando por vía directa ó refleja sobre los centros nerviosos sudoríficos: estos centros se encuentran en la médula espinal á diversas alturas é influyen sobre la secreción de dos maneras: 1.^a, por aumento de la circulación; y 2.^a, por excitación de los elementos secretores. Supuesta esta doble influencia, se puede dar aumento en la secreción del sudor simplemente por congestión de la piel, como sucede en la cara del caballo cuando se secciona el simpático cervical, é hipersecreción de sudor en plena anemia de la piel, como ocurre en la agonía y cuando se excita el nervio ciático en un gato. En estos casos las glándulas sudoríparas pueden atraer los jugos plásmicos de los tejidos inmediatos para producir el sudor.

El calor de la sangre obra sobre los centros sudorales directamente, y el calor del ambiente por acción refleja, previo estímulo de los nervios sensibles de la piel. El ácido carbónico, el opio y el acetato de amoniaco llevados por la sangre actúan sobre los centros sudorales, y la pilocarpina, la nicotina y la atropina influyen á la vez en los centros y mecanismos nerviosos periféricos, como lo prueba que su influencia persiste después de la sección de los nervios (Gad).

Las funciones del cerebro, especialmente las afectivas, influyen también en los centros sudóricos de la médula espinal, como lo demuestran los sudores del miedo, del rubor, etc.

El animal más á propósito para demostrar experimentalmente la influencia del sistema nervioso en el sudor es el gato joven, porque, sobre ser muy apto para sudar, tiene desnudos los pulpejos de los dedos y se aprecia bien en ellos la secreción. Los experimentos que voy á referir los he practicado varias veces en el laboratorio.

Si previa traqueotomía en un gato, se pone al descubierto el nervio ciático y después se obtura la cánula hasta producirle una semiasfixia, el animal suda por toda la piel; pero si se secciona el nervio, la secreción se suspende en el miembro afecto. Cuando se excita el cabo periférico del ciático, los dedos palidecen, porque dicho nervio lleva fibras vaso-constrictoras; pero al mismo tiempo se observan perlas de sudor en los pulpejos. La excitación del cabo central produce algunas veces por acción refleja, secreción de sudor en la pata opuesta.

Con el ciático intacto, el calor aplicado á la piel provoca el sudor; mas después de seccionado, la secreción no aparece: prueba de que el ciático hace efectiva la influencia secretoria en las glándulas de los miembros posteriores.

Las fibras nerviosas sudorales salen de la médula, y en su mayoría se unen al simpático antes de ir á su destino con los nervios espinales. Lo prueba el siguiente experimento que refiere Gad¹: Si en un gato pequeño se destruye la médula por detrás de la última vértebra dorsal, se logra todavía provocar la transpiración en los miembros posteriores por la disnea; mas tal efecto no se consigue si se secciona el cordón abdominal del simpático.

Secreción del sebo cutáneo. — Para lubricar y proteger el cutis, haciéndole impermeable, vierten las glándulas sebáceas un producto grasiento que se mezcla con el sudor: es el sebo cutáneo, tan abundante en los niños que acaban de nacer. Este sebo sale líquido, pero pronto se concreta. Se corrompe fácil-

¹ Obra citada, pág. 520.

mente, se acidifica por los ácidos grasos y exhala mal olor en las personas poco cuidadosas.

El sebo cutáneo se compone en su mayor parte de grasa (oleína y palmitina), jabones, materias extractivas, colessterina y sales térreas. También se perciben en el sebo, cuando se le examina por el microscopio, células epiteliales.

Las glándulas son arracimadas y se agrupan, por lo general, alrededor de los bulbos pilosos: regiones hay (palma de la mano) ^{en} que no se encuentran pelos ni glándulas sebáceas, y otras en las que no hay pelos y sí glándulas, v. gr., el prepucio y la vagina. Para Küss, las amígdalas son glándulas sebáceas análogas á las de la piel.

El mecanismo de la secreción del sebo es muy sencillo: los acinis de las glándulas están llenos de células epiteliales, los cuales caen en degeneración grasosa. La grasa y los restos epiteliales componen el producto segregado.

Las *glándulas de Meibomio*, que se encuentran en el espesor de los párpados, son también sebáceas, y su producto es un líquido grasiento que se concreta (legaña) é impide que las lágrimas se viertan en las mejillas.

El *cerumen* es una materia blanda, semilíquida, de color amarillento y sabor amargo, que se encuentra en el conducto auditivo externo: sirve para lubricarlo, y dicen que para ahuyentar los insectos. El cerumen es un producto mixto de la secreción de las glándulas ceruminosas, análogas por su forma á las sudoríparas, y de las sebáceas del conducto.

La mayor porción del cerumen lo constituyen las grasas y jabones alcalinos: la substancia amarga se produce por las glándulas ceruminosas.

Leccción XLVI.

Secreción de la leche.

Sumario: Caracteres de la leche. — Coagulación. — Composición de la leche. — Proteicos, grasas, lactosa y sales. — Secreción de la leche. — Influencia del sistema nervioso. — Análisis de la leche.

Caracteres de la leche. — La leche es una emulsión de grasa en un líquido albuminoso y salino; pero emulsión tan perfecta, que los globulillos de grasa se rodean de una cubierta proteica de caseinógeno. Por esta razón no es posible privar á la leche de toda su grasa, si antes no se la trata por los ácidos ó los álcalis, que disuelven el caseinógeno.

La leche es un líquido opaco, de color blanco que tira á amarillo, de sabor dulce, olor especial y de peso específico variable entre 1027 y 1033.

La leche recién ordeñada, especialmente la de los herbívoros, tiene reacción alcalina, que debe á las sales de sosa y potasa; pero al cabo de cierto tiempo la reacción se vuelve ácida, porque se forma ácido láctico de la fermentación de la lactosa ó azúcar de leche. La leche de los carnívoros puede ser ácida, por el fosfato ácido de sosa que contiene, y á veces ofrece una reacción anfibológica (Halliburton).

Coagulación. — Por el microscopio se ve la leche compuesta de una infinidad de corpusculillos de grasa y de caseinógeno en suspensión en un líquido. Dejando la leche en reposo, los globulillos de grasa se acumulan en la superficie, constituyendo la nata

ó crema, mas no por eso deja de contener grasa el resto del líquido, ni albuminoides la nata.

Abandonada la leche á sí misma se torna ácida, como hemos dicho, y tal puede ser la acidez, que se corte; pero para cortarla con toda seguridad usan los fabricantes de queso el estómago de la ternera, que contiene el fermento conocido con el nombre de cuajo.

El corte ó coagulación de la leche es un fenómeno de fermentación análogo al que dejamos estudiado en la sangre. Consiste, en efecto, en la formación de un cuerpo proteico insoluble, la caseína, por la intervención de un fermento amorfo en presencia del fosfato de cal (Hammarsten). En la leche se encuentra un cuerpo proteico soluble en las disoluciones salinas, el *caseinógeno* (análogo al fibrinógeno), y por la acción del fermento (cuajo) y con la intervención de las sales de cal, se forma la *caseína*, cuerpo proteico insoluble (análogo á la fibrina). La caseína precipitada arrastra consigo la mayor parte de la grasa y queda un líquido claro, ligeramente amarillento, que contiene disueltos los demás componentes de la leche: este líquido se llama *suolo*.

Cuando se impide la acción del fermento ó se priva á la leche de las sales de cal, la coagulación no se verifica. La leche se coagula *espontáneamente* porque ciertos microbios aerobios que en ella se depositan segregan el fermento cuajo. La leche esterilizada, ó sea al abrigo de los microbios, no se coagula.

Composición de la leche. — Este humor contiene representantes de las tres clases de principios inmediatos, y, además, materias extractivas y sales: entre estas últimas dominan las de potasa y las de cal.

Proteicos de la leche. — Tres representantes de este grupo se encuentran en la leche: el caseinógeno, la lactoalbúmina y la lactoglobulina.

El *caseinógeno*, llamado así por Halliburton sin duda por analogía con el

el fibrinógeno, ocupa un lugar intermedio entre la álcali-albúmina y las globulinas: se parece á la primera en que no se coagula por el calor, y se diferencia de ella en que se precipita por los ácidos ¹ y se coagula por los fermentos. Á las globulinas se parece en ser soluble en las disoluciones salinas y en que se precipita por saturación con las sales neutras (cloruro de sodio y sulfato de magnesia); se diferencia en que no se coagula por el calor. De este doble paralelo se deduce que el caseinógeno es soluble en la leche (disolución salina), no se coagula por el calor, se coagula por el cuajo y precipita por los ácidos y por saturación con las sales neutras.

La lactoalbúmina se coagula por el calor, aunque más lentamente que la albúmina de huevo. Su cantidad está en razón inversa de la de caseinógeno, pues parece que en la misma leche la lactoalbúmina se transforma en caseinógeno.

La lactoglobulina, cuya presencia en la leche ha sido negada por muchos autores, parece que se encuentra constantemente en ella. Se la extrae de la leche privada de caseinógeno precipitándola con el sulfato de magnesia.

Grasas de la leche. — Son análogas á las del organismo, pero más complejas, pues contienen los ácidos butírico, caproico y caprílico, combinados con la glicerina.

Hidratos de carbono. — Se encuentra en la leche la lactosa, ya conocida de nosotros ²: este cuerpo por fermentación se convierte en galactosa. La galactosa puede sufrir la fermentación alcohólica.

Materias extractivas. — Se cuentan en este grupo la lecitina, la colessterina, una materia colorante amarilla é indicios de urea y creatinina.

Sales. — En la leche humana se encuentran potasa, sosa, cal y hierro, combinados con los ácidos fosfórico, carbónico y con el cloro. Es notable la riqueza en cloruros.

¹ La álcali-albúmina es soluble en los ácidos porque se convierte en acida-albúmina.

² Véase *Lactosa*, pág. 115.

El siguiente cuadro, tomado de Hoppe-Seyler, enseña los análisis de la leche humana según diversos autores ¹:

Constituyentes.	Schlossberger y Hauff.	Gubler.	Genser.
Agua	96,30.....	89,40.....	95,705
Sólidos	3,70.....	10,60.....	4,295
Caseína.....	2,80.....	0,557
Albúmina.....		0,490
Grasa	0,82.....	1,40.....	1,456
Lactosa.....	6,40.....	0,956
Sales.....	0,05.....		0,826

La composición de la leche varía en las diferentes especies, como lo demuestra el siguiente estado de Frankland, que se refiere á las tres clases de leche usuales en la alimentación. Añadimos el análisis de la leche de cabra.

	Mujer.	Burra.	Vaca.	Cabra.
Caseína.....	2,7.....	1,7.....	4,2.....	3,7
Manteca.....	3,5.....	1,3.....	3,8.....	4,20
Azúcar.....	5	4,5.....	3,8.....	4
Sales. ,.....	0,2.....	0,5.....	0,7.....	0,56

Á título de curiosidad damos la siguiente receta de Charles ² para preparar artificialmente la leche humana:

Leche de vaca.....	600 gramos
Agua.....	339,5 »
Manteca.....	13 »
Lactosa.....	15 »
Fosfato de cal.....	1,15 »

La cantidad de leche segregada por una mujer en veinticuatro horas varía entre 500 y 800 c. c. Cuando amamanta más de un niño y está bien alimentada, la cifra pasa de la última señalada.

¹ Copiado por Halliburton, obra citada, pág. 576.

² Citado por Halliburton, pág. 578.

Secreción de la leche.—Las células epiteliales que llenan los acinis de las glándulas mamarias producen las tres clases de principios inmediatos de la leche, por industria de su protoplasma. El hecho es evidente para las grasas, pues cuando se establece la secreción, el producto, todavía imperfecto (calostros), deja ver las células epitelicas que se han fundido en grasa para producir la de la leche. Para los demás principios, la demostración, aunque menos visible, es igualmente clara; basta considerar que el caseinógeno y la lactosa no preexisten en la sangre, y que la cifra de la última no guarda relación con la riqueza de amiláceos en el régimen. Con una dieta exclusiva de azúcar y grasa, la leche se empobrece en estas substancias, y por el contrario, aumentan con un régimen de carne.

Influencia del sistema nervioso.—Es tan obscura como evidente. Sin la intervención del sistema nervioso resultaría inexplicable la íntima relación entre las funciones sexuales y las mamas; pero hasta ahora la experimentación no ha podido deducir ningún dato positivo.

Igualmente negativos han sido los resultados de la experimentación acerca de multitud de remedios, tales como el anís, el hinojo, el perejil y la pilocarpina, que el vulgo considera influyentes en la secreción láctea.

Análisis de la leche.—La pureza de la leche se deduce en la práctica ordinaria de su densidad (lacto-densímetro ó pesa-leches), de su opacidad (lactoscopia) ¹ y del análisis microscópico, que revela el número de glóbulos de grasa. Pero en todas estas investigaciones se persigue principalmente la riqueza en grasa, y los defraudadores suelen burlar algunas de ellas. Por ejemplo: cuando quitan grasa á la leche, como la densidad del líquido aumenta, la rebajan añadiendo agua.

¹ El lactoscopia sirve para conocer la riqueza en grasa de la leche, y se toma por dato su opacidad; mirando la luz de una bujía á través de una capa más ó menos espesa de leche, se calcula su riqueza en grasa por la opacidad.

Conviene, pues, el análisis cuantitativo de las tres clases de principios inmediatos que contiene la leche.

El caseinógeno se le precipita con el ácido acético ó por saturación con las sales neutras (cloruro de sodio ó sulfato de magnesia); después se filtra la leche, se lava el precipitado con éter para privarlo de la grasa, se seca y se pesa. Del líquido despojado de caseinógeno se obtiene la lacto-albúmina coagulándola por el calor.

Para extraer la grasa se añaden á 20 c. c. de leche otros 20 de solución de potasa al 10 por 100, y después 100 c. c. de éter. La mezcla se agita vigorosamente, y después se deja en reposo y se decanta el éter con la grasa que haya disuelto. Este tratamiento con éter se repite hasta que no dé la leche más grasa; luego se evapora el éter á dulce temperatura y queda la grasa líquida.

Para dosificar la lactosa se empieza por precipitar la caseína, se filtra el líquido y se lava el precipitado con agua. Este agua del lavado se junta con el líquido que filtró, luego se añaden unas gotas de ácido sulfúrico y se hierve la mezcla por espacio de media hora, para que la lactosa se convierta en glucosa. Por último, se neutraliza la acidez y se dosifica la glucosa con el licor de Fehling.

Lección XLVII

Secreción urinaria (Composición de la orina).

Sumario: Caracteres de la orina. — Cambios que experimenta por las fermentaciones microbianas. — Composición de la orina normal y clasificación de sus componentes. — Antecedentes del ácido hipúrico, de los pigmentos y de las sales. — Análisis de la orina. — Reacciones de sus principales componentes. — Reconocimiento de la urea y del ácido úrico. — Dosificación del nitrógeno, de los cloruros, fosfatos y sulfatos.

Caracteres de la orina. — La orina es el producto de la secreción externa de los riñones y el excreta más interesante por su cantidad y calidad. Con la orina sale próximamente litro y medio de agua cada veinticuatro horas, casi todo el ázoe de desecho y la mayor parte de los cuerpos químicos solubles de la nutrición y de las medicaciones.

La orina es un líquido espumoso, cuya densidad oscila entre 1.018 y 1.022, de color ambarino, de olor aromático y sabor salado y amargo. Inmediatamente después de excretada, la orina es transparente, de reacción ácida y no tiene en suspensión más que unos filamentos, tan delgados como poco numerosos. Estos filamentos son células epiteliales de las vías urinarias.

La reacción ácida de la orina se debe al fosfato ácido de sosa, pues aun cuando contiene ácido úrico éste no está libre, sino combinado con las bases alcalinas. La acidez es variable, según las horas del día, pero guarda relación inversa con la del jugo gástrico.

Org - 251

Abandonada la orina en contacto del aire, experimenta cambios en sus caracteres, reacción y composición, á consecuencia de fermentaciones microbianas. La primera fermentación es ácida, y el ácido formado es el láctico á expensas de la materia colorante de la orina: el ácido láctico aumenta la acidez de la orina y la enrojece, porque descompone los uratos y deja libre el ácido úrico teñido de rojo.

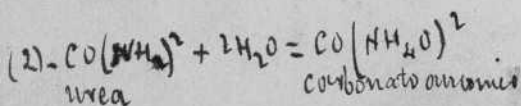
Después, otros microorganismo (el *micrococcus ureæ*, el *bacillus ureæ* de Miquel y el *bacterium* de Boucharde) transforman por hidratación la urea en carbonato amónico⁽²⁾, y en consecuencia, la orina adquiere olor amoniacal, su reacción se hace alcalina y se enturbia por la precipitación de las sales de cal y de magnesia. Al propio tiempo que estos cambios ocurren, y también á consecuencia de la putrefacción, el indican de la orina se convierte por oxidación en índigo y presta al líquido una película irisada.

Composición de la orina. — Cada día se excretan con la orina 50 gramos, próximamente, de principios sólidos, los cuales se reparten en dos grupos, que se dividen á su vez en dos sub-grupos:

Constituyentes de la orina.....	Derivados del metabolismo proteico.....	Ureídos....	Urea.
			Acido úrico.
			Xantina.
			Creatinina.
	Pigmentos.	Acido hipúrico.	
		Urobilina.	
		Indican, indigo (urocianina).	
		Productos inorgánicos...	Salinos....
	Fosfatos.		
	Sulfatos.		
Carbonatos.			
Gaseosos..	Oxalatos.		
	CO ² .		
	N.		
	O.		

Además se encuentran en la orina normal, según Gad, amoníaco y ácidos sulfocianhídrico y fénico. El ácido hipúrico sólo aparece en la orina humana cuando se ingieren sustancias que contienen ó pueden producir ácido benzoico.

De ordinario faltan en la orina la glucosa y la albúmina; pero sin que arguya enfermedad pueden encontrarse entrambas sustancias, cuando ingresan en cantidades enormes por una alimentación extraordinaria. No hay que decir que estas glucosurias y albuminurias son muy pasajeras.



La urea, el ácido úrico, la xantina ($C^5 H^4 N^4 O^2$) y la creatina derivan del metabolismo proteico, según queda indicado en la lección XLVI.

El ácido hipúrico resulta de $\left\{ \begin{array}{l} C_7H_6O_2 + C_2H_5O_2N = C_9H_9O_5N \\ \text{benzoico} \quad \text{glucocola} \quad \text{ác. hipúrico} \end{array} \right.$ la síntesis del ácido benzoico y de la glucocola, con pérdida de una molécula de agua: el ácido benzoico parece extraño al metabolismo normal del hombre y procede de la alimentación; la glucocola se forma en el tubo digestivo por la descomposición de los albuminoides, y se origina también en la desasimilación de los tejidos, singularmente de los colágenos. La síntesis que produce el ácido hipúrico, es un ejemplo de la formación de un principio excrementicio, por combinación de un producto desasimilado (la glucocola) con otro que jamás se asimiló (el ácido benzoico).

Los pigmentos de la orina contienen nitrógeno, y proceden de la descomposición de los albuminoides. Uno de ellos, la *urobilina*, presta á la orina su color amarillo y su espectro característico (una banda de absorción sobre la F' que se extiende hacia el lado rojo): este pigmento procede de la bilirubina, y ésta á su vez de la hematina de la sangre. La bilirubina en el intestino, en presencia del H naciente, se reduce, y reducida se absorbe y se excreta con la orina, constituyendo la urobilina ¹.

El indican (indoxilsulfato de potasa) procede del indol, cuerpo aromático, que se produce en el intestino de la descomposición de los albuminoides: el indol se reabsorbe, se oxida y se combina con el ácido sulfúrico y da lugar al indican que se excreta con la orina. El indican es blanco y no da color á la orina, pero se transforma en indigo azul y la presta este tinte (*urocianina*).

Los cloruros de la orina proceden de la alimentación, como lo prueba que su cifra disminuye hasta llegar á desaparecer por la abstinencia prolongada.

¹ Maly considera á la urobilina idéntica á la hidrobilirubina, producto artificial de la reducción de la bilirubina por la amalgama de sodio. Los caracteres espectroscópicos no acreditan semejante identidad, pero sí la analogía.

El ácido fosfórico aparece combinado en la orina con las bases alcalinas, sosa y potasa (en mayor cantidad la sosa que la potasa) y con las bases térreas, la cal en primer término, y en segundo la magnesia. En la orina ácida dominan los fosfatos monobásicos, y en la neutra ó alcalina los bibásicos. También se forma en la orina alcalina el fosfato amoniaco-magnesiano.

Los fosfatos de la orina provienen en parte de la alimentación y en parte de la desasimilación de los tejidos (descomposición de la nucleína y lecitina), especialmente de los nervios (véase trabajo cerebral). El trabajo muscular hace variar muy poco la cifra de fosfatos, según he deducido de mis experimentos.

El ácido sulfúrico se encuentra en dos formas: combinado con las bases alcalinas, constituyendo sulfatos de sosa y potasa, y combinado con las bases orgánicas formando sulfatos etéreos. El ácido sulfúrico de los primeros se dosifica bien con la barita; pero para que el de los segundos se combine con esta base, es preciso tratar la orina previamente con el ácido hidroclórico.

Los sulfatos proceden de la alimentación y de la desasimilación de los tejidos: estos últimos se engendran por oxidación del azufre de los albuminoides, y probablemente son los etéreos.

El ácido oxálico libre jamás se encuentra en la orina humana: se halla sí el oxalato de cal disuelto á favor del fosfato ácido de sosa. El ácido oxálico proviene de la alimentación, y tal vez del metabolismo proteico: al menos ocurre esta sospecha cuando se considera que el ácido úrico puede engendrarlo por oxidación é hidratación, con ulterior desdoblamiento.

He aquí la composición media de la orina humana, según Ivon y Berlioz ¹:

CARACTERES GENERALES

Volumen en las 24 horas.....	{ Hombre 1.200 á 1.400 c. c.
	{ Mujer.. 1.000 á 1.100 »

¹ *Manual clínico de análisis de orinas*, trad. por D. Joaquín Olmedilla, y Puig, pág. 189. Madrid, 1894.

REACCIÓN EQUIVALENTE Á 2 GRAMOS DE ÁCIDO OXÁLICO EN LAS 24 HORAS

	Por litro. Gramos.	En 24 horas. Gramos.
Totalidad de los cuerpos disueltos:		
Compuestos orgánicos.....	25 á 28	30 á 35
Compuestos minerales.....	12 á 15	16 á 21
TOTAL de sustancias fijas.....	37 á 43	46 á 56

ELEMENTOS ORGÁNICOS

Urea.....	{ Hombre.....	22 gramos.	26,5 gramos.
	{ Mujer.....	19 —	21 —
Ácido úrico.....		0,4 á 0,50	0,50 á 0,60.

RELACIÓN DEL ÁCIDO ÚRICO CON LA UREA = $\frac{1}{40}$.

Ácido hipúrico.....	0,40 á 0,60	0,60 á 0,90.
Creatinina.....	0,60	1,00 —
Xantina.....	0,04 —	0,06 —
Urobilina.....	3,00 —	4,00 —

COMPUESTOS MINERALES

Ácido fosfórico.....	{ Hombre.....	2,5 gramos.	3,2 gramos.
	{ Mujer.....	2,3 —	2,6 —
Fosfatos alcalinos (bi- básicos).....	{ Hombre.....	3,889 —	5,00 —
	{ Mujer.....	3,577 —	4,044 —
Fosfatos térreos.....	{ Hombre.....	1,667 —	2,133 —
	{ Mujer.....	1,533 —	1,733 —

RELACIÓN DEL ÁCIDO FOSFÓRICO CON LA UREA = $\frac{1}{8}$.

Cloruros (de potasio y sodio).....	6,6 á 8	10 —
Ácido sulfúrico.....	2,00 —	3 —
Cal.....	0,30 —	0,45 —
Magnesia.....	0,40 —	0,60 —
Sales amónicas.....	0,70 —	0,90 —
Hierro.....	0,003 —	0,04 —

ELEMENTOS GASEOSOS

Ácido carbónico.....	15 c. c.	21 c. c.
Nitrógeno.....	2 —	10 —
Oxígeno.....	1 —	1,5 —

Análisis de la orina. — Un análisis detallado de todos y cada uno de los componentes de la orina excedería las proporciones de esta obra, y en consecuencia nos limitaremos al estudio de lo más necesario en la práctica médica, como es el reconocimiento de la urea y del ácido úrico por el microscopio, y la dosificación del nitrógeno, de los cloruros y de los sulfatos. La dosificación de los fosfatos se ha indicado en otro lugar (véase pág. 54).

La orina que ha de analizarse debe ser mezcla de la de las veinticuatro horas; mas para apreciar los caracteres de transparencia, reacción, etc., conviene recibirla directa y sucesivamente en dos copas de cristal. El uso de dos copas es de rigor cuando se sospecha una lesión de las vías urinarias ó de los riñones, porque la orina arrastra cuerpos formes que, según que salgan en la primera ó en la segunda porción, procederán de la uretra ó de la vejiga y riñones.

En la orina normal se encuentra siempre un filamento delgado, ligero y flotante, compuesto de células epiteliales y leucocitos conglutinados por una sustancia mucosa de secreción uretral ¹.

La acidez de la orina se prueba con el papel de tornasol, y para demostrar que no es debida á un ácido libre se trata con una disolución de hiposulfito de sosa, que no da precipitado.

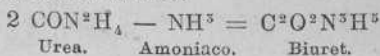
La densidad se averigua con el método del frasco, ó se usa el urinómetro.

Después se hierve la orina, por si contuviera albúmina, y se filtra en caliente.

Reconocimiento de la urea y del ácido úrico.—La urea se denuncia simplemente con sólo calentar la orina: la urea se descompone y produce vapores amoniacales (olor á amoniaco) y el *biuret*, que da la reacción violeta con el sulfato de cobre y la potasa 2.

1 *Frécis des maladies blennorrhagiques*, par Audrí. París, 1894, pág. 87.
2

2 He aquí la reacción del biuret:



El ácido úrico se reconoce, tratando la orina por el ácido hidroclicóricó: los uratos se descomponen y queda libre el ácido úrico (teñido por el pigmento) bajo la forma de un precipitado rojizo que acaba por sedimentarse.

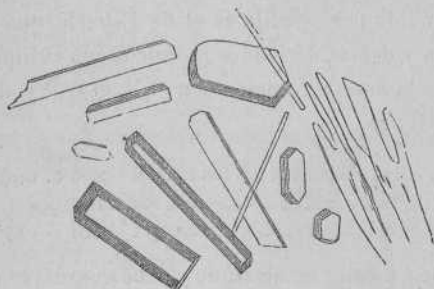


Figura 52.

Cristales de urea según García Solá.

Para obtener cristales de urea el mejor procedimiento consiste en tratar la orina con una solución de barita (mezcla de 2 volúmenes de agua de barita y 1 de solución de nitrato de la misma base). Cuando ya no da más precipitado por la barita, se filtra la orina y luego se evapora hasta consistencia siruposa. Se la trata con alcohol y se vuelve á filtrar: después se deja evaporar hasta sequedad. Una pequeña porción del residuo disuelta en una gota de agua y dejada evaporar sobre un porta-objetos produce cristales de urea, que pueden observarse por el microscopio (Halliburton).



Figura 53.

Diversas formas cristalinas de ácido úrico (García Solá).

Para preparar los cristales de ácido úrico basta tratar la orina con el ácido hidroclicóricó y dejarla evaporar: el residuo contiene gran cantidad de

crisales rojos. Si se quiere decolorarlos, se les disuelve en la sosa ó en la potasa cáustica, y se les vuelve á precipitar por el ácido hidroclopórico.

Dosificación del nitrógeno. — Entre los muchos procedimientos en uso, el más extendido por sencillo es el de Esbach, que consiste en descomponer la urea y demás derivados proteicos con el hipobromito de sosa. Los productos de la descomposición son el N, el CO_2 y el H_2O . He aquí la fórmula del reactivo:

Bromo.....	2 c. c. ó 6 gramos.
Agua destilada.....	100 — —
Lejía de sosa.....	40 — —

El líquido tiene un color de aceituna y debe guardarse en frasco de color de caramelo: aun así, se descompone con el tiempo.

Esbach ha ideado varios aparatos para hacer práctico su procedimiento. Estos aparatos han recibido el nombre de ureómetros, y uno de los más baratos y perfeccionados es el que usamos en el laboratorio.

Consta el ureómetro de dos partes: el tubo de análisis y el barómetro. El primero es un largo tubo de ensayo, bien calibrado y graduado en décimas de centímetro cúbico: la división 140 se hace notar por una línea que rodea la circunferencia del tubo. Además de éste, acompañan al aparato dos pipetas y una caja de zinc, que sirve á la vez de estuche y de baño.

Véase el modo de proceder: — Se toma el tubo bien seco, y con embudo se vierten en él 7 ú 8 c. c. de reactivo (hasta la división 70 ú 80). Luego se echa agua destilada hasta la división 140 ó un poco menos, y á seguida, con una pipeta, se añade un centímetro cúbico de orina.

Cubierto el dedo pulgar de la mano derecha con un dedil de goma, se cierra el tubo, y sirviéndose de la izquierda se le coloca en dirección transversal: entonces se ve el reactivo, hasta entonces posado por su mayor densidad en el fondo del tubo, correr hacia la orina y producir á su paso una viva efervescencia. Cuando la cantidad de urea es mucha, los gases hacen gran presión sobre el dedo que cierra el tubo, y por eso conviene tenerlo apoyado sobre el pecho. Se sacude el tubo, vigorosamente para que la reacción sea completa, y después se sumerge invertido en una cuba de agua, inclinándolo hasta que los niveles dentro del tubo y en el baño se equilibren. Por último, se introduce la mano en el baño, se obtura el tubo con el pulgar y se le pone derecho. No resta más que leer la cifra del nivel del líquido y obtener la diferencia con el que tenía antes de la reacción. Así, por ejemplo, el nivel primitivo era 140 (reactivo y agua), más 10 de

orina, igual 150. Después han resultado 105: diferencia, 45. Esta cifra representa el agua desalojada por exceso de presión del N con relación á la atmosférica; mas para valorar el volumen del gas es preciso tener en cuenta la presión atmosférica, la temperatura y la tensión del vapor acuoso en el momento de la operación. Estos tres datos los suministra el barómetro, y para ahorrar todo cálculo hay unas tablas, en donde, con los dos datos (cifra diferencial del ureómetro y grado baroscópico), se da la cantidad de urea que corresponde al litro de orina analizada. En rigor, no todo el ázoe procede de la urea; pero prácticamente se supone que sí, pues, después de todo, lo que interesa no son las cifras absolutas, sino las diferenciales.

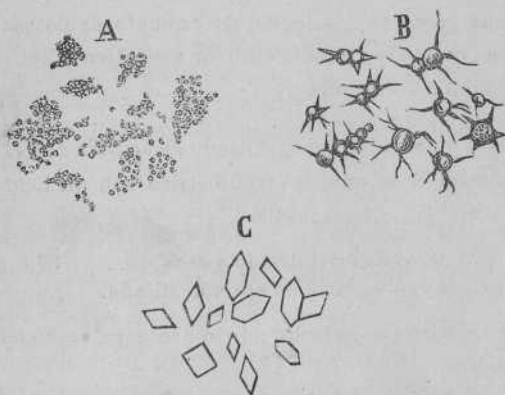


Figura 54.

Cristales de la orina ¹.

Cloruros. — Para la determinación de estas sales se comienza por preparar un reactivo de prueba, de nitrato de plata, cuya receta copio de Iyon ². Por lo demás, cualquier solución diluída es buena, pero hay que dosificarla previamente:

Nitrato argéntico puro y fundido.....	29,075 gramos.
Agua destilada, cantidad suficiente para	1.000 c. c.

La disolución conviene que esté recientemente preparada, porque se altera.

¹ A, urato de sosa en forma de pequeñas granulaciones; B, urato de amoníaco en masas granulares erizadas de pequeños puntos ó radios periféricos; C, cristales de ácido úrico puesto en libertad al tratar por el ácido acético los uratos de sosa y amoníaco. (García Solá, *Patología general*, pág. 366.)

² Iyon, obra citada, pág. 153.

Cada *centímetro cúbico* de esta disolución corresponde á *un centígramo* de cloruro de sodio, ó sea á 0,006065 *de cloro*. El nitrato de plata da lugar á la formación de un cloruro de esta base de color blanco, insoluble en el agua y soluble en el amoniaco.

Como reactivo indicador de esta reacción úsase el cromato amarillo de potasa, y no hay inconveniente en mezclarlo con el líquido clorurado; pues mientras hay cloro se forma el cloruro de plata, y sólo cuando el cloro se agota se produce un cromato de plata de color rojo, que indica el término de la reacción.

Para proceder, toménse 10 c. c. de orina hervida y filtrada, acidúlese con el acético y dilúyase en 20 c. c. de agua destilada. Después se le añaden algunas gotas de disolución de cromato de potasa y se pone la mezcla en un vaso de precipitado. El licor argéntico se echa en una bureta y se procede como de ordinario ¹.

Sulfatos. — La orina hervida y filtrada se acidula con el clorhídrico, y después se procede á su análisis volumétrico con un licor dosificado de cloruro bárico. He aquí una fórmula:

Cloruro de bario cristalizado y seco.....	37,5 gramos.
Disuélvase en un litro de agua destilada.	

Cada centímetro cúbico de este líquido representa *un centígramo* de ácido sulfúrico anhidro.

Al caer el licor bárico sobre la orina se produce un precipitado de sulfato de barita. Conviene proceder con calma, para que entre gota y gota de reactivo se deje espacio á que se pose el precipitado; y cuando se crea próximo el fin de la operación, se toma con una varilla de cristal una gota de orina y se la mezcla con otra de una solución de sulfato potásico, sobre un vidrio que esté ahumado por la cara opuesta: si se produce precipitado blanco de sulfato de barita, es que el reactivo comienza á estar en exceso.

¹ Para mayor exactitud en este análisis, es preferible calcinar 10 c. c. de orina, disolver el residuo en el ácido acético y proceder después á la dosificación; pero para las necesidades de la práctica basta el procedimiento que se indica en el texto.

Lección XLVIII.

Secrecion urinaria. (Mecanismo de la secreción y de la excreción).

Sumario: Mecanismo de la secreción. — Filtración en el glomérulo. — Secreción por el epitelio de los tubos. — Variaciones en la cantidad de líquido segregado. — Influencia del sistema nervioso sobre la secreción. — Excreción de la orina. — Mecanismo de la micción.

Mecanismo de la secreción. — Después del hígado, son los riñones las glándulas más complejas: poseen un doble mecanismo para la secreción de la orina, y además producen secreción interna.

En la orina no se contienen principios extraños á la composición de la sangre: la diferencia con este humor estriba en las proporciones de los componentes y en no encontrarse en la orina ni células, ni albúmina ni glucosa. Son pues, los riñones órganos de excreción más bien que de elaboración.

Uno de los mecanismos del riñón tiene por representante el glomérulo de Malpigio; el otro se constituye por el epitelio de los *tubulis*; el primero se sustenta de la red capilar, que procede directamente de las arterias renales; el segundo, de la red vasa-porta, que se engendra por capilarización de la venilla del glomérulo (vaso eferente).

El glomérulo se constituye por un pelotón de capilares envuelto en una membrana epitelial; es un aparato de filtración. El filtro le constituyen dos membranas vivas, la pared del capilar y la

membrana endotélica envolvente; el líquido que ha de filtrarse es la sangre; el producto filtrado es el agua y los principios cristaloides y difusibles que contiene la sangre; y la cavidad en donde el producto se recoge es la cápsula de Müller, ampolla en que terminan los conductos uriníferos.

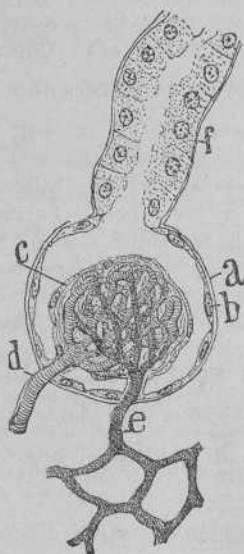


Figura 55.

Cápsula de Müller y glomérulo de Malpigio ¹.

La cantidad y calidad del producto filtrado depende de las siguientes condiciones: 1.^a, de la presión de la sangre (presión arterial media y presión en el glomérulo); 2.^a, de la velocidad de la circulación; y 3.^a, de la vitalidad del endotelio. Si esta última no influyese, el líquido filtrado por los vasos sería albuminoso, como el que se ofrece en otras regiones cuando por un obstáculo á la circulación trasuda el plasma de la sangre.

1 *a*, membrana glandular; *b*, endotelio que la reviste interiormente; *c*, endotelio que rodea al glomérulo; *d*, arteria aferente; *e*, venita eferente; *f*, epitelio turbio del tubo flexuoso. (S. Ramón y Cajal.)

Que la secreción urinaria depende de la presión de la sangre, se prueba por los siguientes hechos:

La presión está normalmente aumentada en el glomérulo. (Véase *Sistema vasa-porta*, pág. 300.)

La secreción se suspende cuando por una sección de la médula en su unión con el bulbo se paralizan los nervios vaso-motores y baja la presión arterial. También se suspende cuando se electrizan los nervios renales, pues los vasos se estrechan y desciende considerablemente la presión en el glomérulo.

Por el contrario, la secreción aumenta en proporción que crece la presión arterial (excitación de la médula, ligadura de la aorta) y cuando se dilatan los vasos del riñón (sección de los nervios renales). Todas las causas de aumento de presión de la sangre determinan hipersecreción de orina, v. gr., crecimiento de la potencia del corazón (digital, esparteína), supresión de la transpiración cutánea (acción del frío) y aumento en el caudal de líquido (bebidas).

Si el líquido filtrado no tuviese que atravesar más que las paredes de los capilares, sería análogo al de la hidropesía, ó sea al suero de la sangre; pero como además tiene que filtrarse por la membrana endotelial que rodea al glomérulo, su composición dependen de las condiciones de dicha membrana. La vitalidad del doble filtro influye también en la cantidad y calidad del producto filtrado y en la rapidez de la filtración; por esta causa no obedece instantáneamente la filtración á los cambios bruscos en la presión arterial, y por la misma el producto filtrado depende, en parte, de la presencia en la sangre de ciertas sustancias llamadas diuréticas porque estimulan la secreción, v. gr., el nitrato de potasa y el ioduro de sodio.

Otras sustancias son diuréticas indirectamente, y así, por ejemplo, la glucosa aumenta la secreción porque necesita enormes cantidades de agua para filtrarse. De aquí la poliuria de la diabetes.

El filtro renal sirve de válvula por donde escapa el exceso de agua de la sangre en los conflictos de la presión aumentada, y es á la vez vertedero para dar salida á todos aquellos cuerpos solubles y difusibles que normal ó accidentalmente se encuentran en la sangre. Entre ellos se hallan multitud de cuerpos desasimilados, y algunos de ellos tóxicos (leucomainas). También se excretan por esta vía gran número de medicamentos, y por todo

ello, los prácticos conceden una atención preferente al estado de las funciones renales, tanto por la excreción de los productos del metabolismo de la digestión y de los principios desasimilados, como por la eliminación de los medicamentos.

El otro mecanismo que completa la secreción urinaria está encomendado al epitelio de los *tubulis*, el cual se encarga: de una parte, de trasegar la urea y el ácido úrico desde la sangre y la linfa á la cavidad del tubo, en donde se reúnen al líquido filtrado en los glomérulos; de otra, absorbe agua del dicho líquido filtrado; y, en fin, goza de actividad metabólica para constituir el ácido hipúrico, y tal vez para formar urea á expensas de algunos de los principios excrementicios que la anteceden (¿creatina?)

La influencia del epitelio de los *tubulis* en la secreción tiene, como prueba de indicio, la acción diurética de ciertas sustancias, tales como la urea y el ácido úrico; pero recibió sanción experimental con los experimentos de Nausbaum y Heidenhain y las observaciones de Witich.

Nausbaum aprovechó para sus experimentos la singular disposición de los vasos renales en la *salamandra maculosa*: en este anfibio, el riñón recibe vasos de dos orígenes: las arterias renales de la aorta para el glomérulo, y una vena procedente de la abdominal para los *tubulis*. Ligando alternativamente la arteria ó la vena, Nausbaum pudo aislar la función del epitelio de las del glomérulo ó viceversa. Pues bien: cuando ligaba la arteria, todavía se eliminaban la urea y el ácido úrico, indudablemente por actividad del epitelio, mientras que si ligaba la vena, se filtraban por el glomérulo el agua, las sales y la peptona.

Heidenhain completó con las suyas las investigaciones del anterior, y demostró que en un animal en quien se suspendía la filtración en el glomérulo, por sección de la médula (baja de la presión arterial) podía restablecerse la secreción inyectando urea en la sangre. Tal era la actividad desplegada por las células epiteliales para trasegar la urea, que con ésta era arrastrada una cantidad de agua suficiente á restablecer la secreción. Cuando en vez de urea se inyectaba índigo carmín, esta materia colorante se veía en las células del epitelio y en la cavidad de los tubos.

Witich observó en las aves que el ácido úrico estaba infiltrado en las células epiteliales; prueba de que dicho ácido pasaba á la orina á través de ellas.

Se ha discutido mucho si el líquido filtrado en los glomérulos experimenta alguna modificación al pasar por los tubos, además de la ganancia en urea y ácido úrico. Para Ludwig, lo que se filtra en el glomérulo es orina muy diluida, y se concentra al paso por los tubos, gracias á la absorción de agua que realiza el epitelio: de una parte se encontraría en el tubo urinífero una disolución salina muy diluida, y de otra la sangre muy concentrada por la pérdida de agua que experimentó en el glomérulo, y, por tanto, se establecería una especie de ósmosis, á cuya virtud el agua se reabsorbería.

Para Küss, lo que se filtra en el glomérulo es orina más albúmina (suero de la sangre) y el oficio del epitelio sería reabsorber esta última substancia. La mayoría de los autores se inclinan á la hipótesis de Ludwig.

Por lo que hace á la actividad metabólica de las células epiteliales, tenemos pruebas de que en el riñón se verifica la síntesis del ácido hipúrico. Si se inyectan por la arteria renal glucocola y ácido benzoico, aparece en la orina el ácido hipúrico; es más: el tejido fresco de los riñones es capaz de producir *in vitro* la misma síntesis.

No tenemos pruebas de la formación de urea en el riñón, pues esta substancia se acumula en la sangre en la misma proporción, tanto si se ligan los uréteres como si se verifica la doble nefrectomía. Es probable, sin embargo, que la urea se produzca en el riñón como se produce en el hígado y en los demás tejidos.

Influencia del sistema nervioso en la secreción. —

Hasta ahora la influencia nerviosa se ha demostrado en lo que se refiere á las altas y bajas en la presión de la sangre; pero no conocemos ningún hecho positivo que abone una intervención nerviosa directa sobre los elementos secretorios.

Todas las influencias nerviosas que de una manera directa ó refleja produzcan crecimiento ó descenso en la presión media de la sangre, ya obren sobre el corazón (potencia), ya sobre los vasos (resistencia), aumentarán ó disminuirán la cifra del líquido segregado. De un modo análogo influyen los nervios vasculares cuando dilatan (inhibición) ó estrechan (contracción) los vasos de los riñones.

Cl. Bernard demostró que la punción del suelo del cuarto ventrículo, entre el tubérculo acústico y el *calamus* (cerca del punto

diabético), producía un aumento considerable de la secreción urinaria, pero es probable que esta poliuria se deba á reacciones vaso-motoras.

Excreción de la orina. — Gracias á la *vis á tergo*, la orina corre por los tubos uriníferos, la pelvis renal y los uréteres hacia la vejiga. Los uréteres poseen fibras musculares lisas que se contraen en ondas peristálticas de ritmo lento y que facilitan el curso de la orina, sobre todo cuando, por estar la vejiga llena, necesita el líquido mayor presión para verterse.

La secreción de la orina es continua, pues se la ha visto fluir continuamente y gota á gota por los uréteres; pero la excreción es intermitente, porque el líquido se acumula en la vejiga entre micción y micción.

Tres conductos se abren en la vejiga: los uréteres y la uretra; por los uréteres no puede retroceder la orina, porque estos conductos penetran oblicuamente á través de las paredes de la vejiga; y cuando ésta se distiende ó se contrae, comprime la embocadura de los mismos, imposibilitando en absoluto el retroceso.

Por la uretra tampoco puede escapar el líquido más que cuando se ejercita el mecanismo de la micción; dicho conducto no existe sino virtualmente entre micción y micción, y se encuentra cerrado por la elasticidad ó tono de dos esfínteres, el vexical y el uretral (músculo de Wilson). Además, en el hombre, el conducto es largo, describe una curva de concavidad superior y atraviesa la próstata, órgano duro y musculoso que dificulta el tránsito de la orina. Estos medios naturales bastan para contener la orina, sin necesidad de esfuerzos musculares, como lo prueba que este líquido no escapa de la vejiga en los cadáveres.

El líquido, que no puede salir más que cuando el individuo quiere orinar, se acumula en la vejiga, y precisamente este órgano, como musculoso que es, se presta admirablemente á la dila-

tación. Retenciones urinarias se han observado en las que la cantidad de líquido retenida pasaba de cinco litros.

Durante la permanencia de la orina en la vejiga ¿se modifica su composición? La opinión general es que se concentra porque se reabsorbe el agua, y el argumento en favor de esta hipótesis lo suministra la diferencia entre la orina concentrada, que se excreta al levantarse de la cama, y la orina diluida que se vierte después de las comidas. Este argumento tiene escaso valor; porque, de una parte, durante el sueño la actividad circulatoria es menor, y el líquido más bien es un producto de secreción que de filtración; y de otra, la orina de las comidas se produce por un aumento de presión arterial que se sigue á la absorción: por eso es más diluida.

Ya en otra ocasión nos hemos ocupado de las aptitudes absorbentes de la vejiga para la urea y demás substancias. (Véase *Absorción*, pág. 233.)

Micción. — Es un acto voluntario-reflejo, que tiene por objeto la expulsión de la orina contenida en la vejiga, á través del conducto de la uretra. Es voluntario, porque está en nosotros, dentro de ciertos límites, el orinar ó no; y reflejo, porque se cumple en los sujetos privados de voluntad, y experimentalmente en los animales en quienes se ha separado la médula del encéfalo.

El mecanismo de la micción se ejercita en el estado fisiológico cuando sentimos la necesidad de orinar: esta sensación, obscura como todas las orgánicas, se refiere á la porción peniana de la uretra, pero indudablemente se origina en las primeras porciones de este conducto. La dilatación de la vejiga por sí sola no produce la sensación de orinar, sino otra muy molesta, que llega á ser dolorosa en las retenciones. Para Küss, la sensación de orinar se produce por el contacto de la orina con la mucosa de la porción prostática de la uretra, y he aquí cómo la explica: á medida que la vejiga se va llenando, se acentúa la lucha entre las fibras musculares del cuerpo y las del esfínter vesical; llega un momento en que éste es vencido, aunque sólo sea momentáneamente, y algunas gotas de líquido escapan por la

uretra, poniéndose en contacto con una mucosa muy sensible, la de la próstata. Este contacto engendra la sensación de orinar; y si no ha de ser atendida, el esfínter de la uretra se contrae por determinación de la voluntad y rechaza la orina á la vejiga ¹. El suceso se repite cada vez más insinuante, hasta que la voluntad determina que la micción se verifique.

La orden para la micción es voluntaria, pero su mecanismo es reflejo. Para que la orina se expulse, hace falta que el camino esté franco y que concurren oportunamente los agentes impulsivos.

La franquicia se establece mediante relajación por vencimiento del esfínter vesical, y relajación por inhibición voluntaria del esfínter uretral. Los demás obstáculos son vencidos fácilmente por la presión del líquido.

Esta presión la prestan los agentes impulsivos: de una parte, la contracción simultánea y poderosa de todas las fibras de la vejiga; y de otra, la prensa abdominal. Para el ejercicio de esta última, se llenan de aire los pulmones, se cierra la glotis, se arquea el tronco y se contraen las paredes abdominales: las vísceras, rechazadas por esta contracción, comprimen la vejiga, y la expulsión de la orina es completa. Cuando la vejiga está vacía, el conducto de la uretra reacciona y expulsa las últimas gotas de líquido.

Sin necesidad de que la vejiga esté llena, y, por tanto, sin deseo de orinar, un individuo puede hacerlo cuando quiera. En este caso se supone que se relaja el esfínter vesical, da paso á algunas gotas de líquido y el contacto de éste con la mucosa prostática produce la sensación de orinar, que por liviana que sea, como el individuo está pendiente de ella, basta para que se ponga en juego el mecanismo de la micción.

¹ *Curso de Fisiología de Duval*, traducido por D. Antonio Espina. Madrid, 1884, pág. 642.

La vejiga recibe nervios del 3.º, 4.º y 5.º pares sacros, y probablemente proceden del simpático y de la médula, sin que esté demostrado que los primeros inervan el cuerpo y los segundos el cuello. El centro reflejo de la micción se encuentra en los animales (perros y conejos) en la médula lumbar; y cuando ésta se secciona por encima de aquél, se origina una retención de líquido: éste escapa irregularmente cuando su presión monta más que la resistencia del esfínter vesical, pero no se verifica regularmente la micción.

Según Mosso y Pellacani, las órdenes voluntarias para la micción se conducen por fibras del pie del pedúnculo cerebral y continúan por los cordones posteriores y parte posterior de los laterales hasta el centro reflejo de la micción. Las fibras inhibitorias del esfínter uretral es probable que originen de los tálamos ópticos y salgan de la médula con los nervios sacros antes mencionados.

Lección XLIX.

Secreción interna del páncreas y funciones del bazo.

Sumario: Secreción interna del páncreas. — Diabetes pancreática. — Pruebas de la secreción interna del páncreas. — Oficio de dicha secreción. — Hipótesis para explicar las funciones de la secreción interna. — Juicio crítico. — Funciones del bazo.

Secreción interna del páncreas ¹. — Además del jugo digestivo que se vierte por el conducto de Wirsung, el páncreas cede á la sangre una substancia indispensable para el aprovechamiento de la glucosa. Esta substancia obra á la manera de los fermentos y ejercita su acción principalmente sobre el hígado en cuanto es productor de glucosa.

V. Mering y Minkowski, en 1889, extirpando el páncreas á los perros, dieron á conocer una nueva é interesante función de este órgano. La privación del páncreas, no sólo acarrea graves perjuicios á la digestión, según había demostrado mucho tiempo antes Cl. Bernard, sino que introduce hondas perturbaciones en la nutrición; entre ellas se destacan, en primer término, el desaprovechamiento de la glucosa y un exceso en la desasimilación de los tejidos. Resultado: la muerte de los animales por ruina de su nutrición. Precisamente las dos capitales perturbaciones de la nutrición que se siguen á la pérdida del páncreas en los animales son las que juegan en la diabetes, enfermedad caquética y grave que estudia la patología de

¹ Con este mismo título publiqué muchos de los hechos que comprende esta lección en *La Veterinaria Española*, Abril y Mayo de 1894.

los humanos. Por esta razón, los síntomas de la diabetes en el hombre son idénticos á los que se notan en los animales privados del páncreas ¹.

Falto de aptitud el organismo para aprovechar y utilizar la glucosa que fabrica á expensas del glucógeno y la que ingresa con los alimentos, este cuerpo se acumula en la sangre (*hiperglucemia*) como desecho que busca eliminación. Los riñones son el vertedero por donde se excreta la glucosa inútil para el organismo (*glucosuria*); pero su eliminación no es posible si no la arrastra una gran cantidad de agua; de donde resulta aumento en la proporción de orina (*poliuria*). El agua que en exceso se vierte por los riñones procede de la sangre; ésta se rehace de ella robándola á los tejidos, y de todo ello resulta una sed insaciable, por el clamoreo de los nervios solicitados por la deshidratación. Rota la economía de la nutrición por el desaprovechamiento de la glucosa, no tardan en arruinarse los tejidos, ya porque pechen ellos solos con el entretenimiento de las funciones, ya porque les alcance la ineptitud asimiladora, y como consecuencia aparece aumentada la desasimilación del nitrógeno, como lo declara el crecimiento de urea en la orina (*azoturia*). *o mejor según propone Corral azoturia*

El animal, para cubrir el déficit que resulta del no consumo de la glucosa y de la mayor desasimilación de los tejidos, fuerza la alimentación (*polifagia*) y come con famélico apetito cuanto se le presenta, á veces hasta sus propios excrementos; pero no tardan en rendirse sus ya menguadas facultades digestivas, y al cabo parece de desnutrición cuando su cuerpo es un esqueleto y sus fuerzas no le alcanzan á sostenerse (*caquexia*). Tal es, á grandes rasgos bosquejado, el imponente síndrome que conduce á la muerte en los casos de diabetes grave ó de ablación del páncreas.

Pruebas de la secreción interna. — El hondo trastorno de la nutrición que se sigue á las lesiones del páncreas no se debe al perjuicio de su secreción externa, ni tampoco á que dejen de eliminarse con ella productos que pudieran ser tóxicos si se retuviesen en la economía; se produce exclusivamente por la pérdida de la secreción interna, como lo demuestran los siguientes hechos:

¹ Lancereaux, en 1877, había dado á conocer una forma de diabetes por lesiones del páncreas en el hombre (E. Lancereaux: «Notes et reflexions à propos de deux cas de diabète sucré, avec altération du pancréas.» — *Bull. Acad. Méd.* 2^e serie, t. vi, 1877).

1.º La fistula del conducto de Wirsung con derrame del jugo pancreático al exterior, no produce jamás glucosuria ni diabetes. 2.º La inyección de parafina en el citado conducto suprime la secreción y esclerosa la glándula, pero no ocasiona glucosuria ni diabetes. 3.º La extirpación *de casi toda la glándula*, aunque la anule para la secreción de jugo, no induce las perturbaciones nutritivas de la diabetes. 4.º La diabetes no tiene lugar más que cuando *se extirpa totalmente la glándula*, y para frustrarla basta dejar una pequeña porción ó injertar un lóbulo de la misma en la herida de las paredes abdominales. 5.º La transfusión de la sangre de un perro diabético por ablación del páncreas á otro sano, no determina efectos patológicos. (No es concluyente esta prueba, pero sirve de complemento á las anteriores). Y 6.º la destrucción del páncreas, no por medio cruento, sino por obra de una lesión patológica, ha producido la diabetes. Charrin y Carnot han logrado producir la diabetes pancreática con todos sus síntomas, inyectando por el conducto pancreático cultura diluída del *bacillus piocianicus*.

Oficio de la secreción interna del páncreas. — La experimentación y la clínica se encuentran acordes en afirmar que, á falta de páncreas, la economía se encuentra incapacitada para utilizar la glucosa de los alimentos y la que produce el hígado; de aquí el exceso de esta substancia en la sangre (hiperglucemia) y su eliminación por la orina (glucosuria).

Marcuse ¹ ha demostrado que la extirpación del páncreas en las ranas produce también la glucosuria; pero cuando al mismo tiempo se extirpa el hígado, la glucosa no aparece en la orina: prueba de que la glucosa hepática es la que ocasiona la diabetes.

La incapacidad del organismo para consumir los azúcares, ni es igual en todos los animales, ni alcanza en el mismo grado á los diversos carbo-

1 M. Marcuse: «Rôle du foie dans le diabète pancreatique expérimental.» *Société physiologique de Berlin*, séance du 22 Juin. 1894. (Cita de Bra «Thérapeutique des tissus.» París, 1895, pag. 449.)

hidratos. Külz y Hedon han demostrado experimentalmente que aun en los casos graves de diabetes se utiliza la levulosa (azúcar de los frutos), se consume á medias el azúcar de caña, sin duda porque produce por mitad la levulosa y la glucosa, y se excreta en totalidad la última citada. La lactosa (azúcar de leche) se aprovecha mejor que la glucosa.

Cuando el animal no recibe alimentos amiláceos ni azucarados, la glucosuria se entretiene con la glucosa procedente de la movilización del glucógeno y de la engendrada por el metabolismo de los tejidos. Por esta causa, los animales que sucumben de diabetes grave siguen eliminando glucosa hasta el día de su muerte, aunque estén en ayunas, y no se encuentra glucógeno ni en el hígado ni en los músculos. Probablemente la producción y excreción de glucosa acelera la disolución de los tejidos.

El hecho de la glucosuria es constante para todos los animales que pierden el páncreas, mas la gravedad de la misma varía en los diversos individuos de una misma especie (perros).

Hipótesis para explicar las funciones de la secreción interna. — Entre las muchas que se han propuesto, las que mejor se compadecen con los hechos son las de Lépine y Kaufmann: para el primero el páncreas vierte en la sangre un fermento para destruir la glucosa (*glucolísico*); el segundo opina que el páncreas segrega una substancia para *enfrenar* la producción de glucosa en el hígado, y, según sus experimentos, el sistema nervioso excitaría, de una parte, la glucogenia hepática, y de otra la secreción pancreática que había de retardarla; de donde resulta en el estado normal, el equilibrio en la elaboración de la glucosa, según las necesidades de la economía.

La existencia y acción del fermento glucolísico segregado por el páncreas ha sido sustentada principalmente por los experimentos de Lépine y Barral; pero desgraciadamente los más se han hecho fuera del organismo, *in vitro*, y otros son recusables por indirectos. Cuanto puede realizar el ingenio, servido por la más diligente experiencia, ha sido realizado por Lépine y Barral en pro de la hipótesis del fermento del páncreas; pero la mayoría de los experimentos giran alrededor de este supuesto; cuando el fermento del páncreas falta, la sangre queda incapacitada para

consumir la glucosa. He aquí algunas de las conclusiones experimentales de estos autores, para que el lector pueda juzgar de ellas:

« 1.^a Dos cantidades iguales de sangre, sometidas á idéntico tratamiento, pero procedentes la una de un animal diabético y la otra de un animal sano, pierde la segunda, con el tiempo, casi toda su glucosa, mientras que el tanto por ciento de la primera apenas varía. 2.^a Un extracto de páncreas acelera el consumo de glucosa en la sangre normal, y mejor aún en la diabética. 3.^a La inyección subcutánea de fermento pancreático alivia la diabetes. 4.^a El agua que resulta del lavado de los glóbulos de la sangre goza de un poder glucolísico superior al suero. 5.^a El poder glucolísico ó el fermento — que para el caso es igual — se encuentra en el quilo, de donde se deduce que el producto del páncreas se exporta también por la vía linfática. 6.^a Si se compara la sangre de la vena porta con la de la vena esplénica y con la arterial, la primera resulta con un poder glucolísico muy superior, y, por tanto, el fermento del páncreas se vierte en las venas. 7.^a Las inyecciones de pilocarpina, medicamento que activa las secreciones, alivia la diabetes, probablemente porque estimula la secreción del páncreas. 8.^a El poder glucolísico de la sangre normal oscila entre 20 y 40 por 100. En los casos de diabetes grave, baja de 1 á 10. Y 9.^a Á 54°, el fermento se destruye y no hay glucolisis, mientras que á 52° la destrucción de la glucosa de la sangre es normal.

Las conclusiones de Lépine y Barral han sido refutadas por Arthus ¹, el cual cree que la glucolisis en la sangre es un fenómeno cadavérico análogo al de la formación de la fibrina; niega, en consecuencia, que en la sangre circulante se encuentre fermento glucolísico.

La hipótesis de Kaufmann se sustenta en multitud de experimentos cuyas conclusiones principales van á continuación ².

En los perros que conservan el páncreas, la sección de todos ó cualquiera de los nervios que recibe el hígado (vago, frénico y simpático) produce disminución en la cifra de glucosa de la sangre (hipoglucemia). La extirpación del páncreas después de las secciones nerviosas, determina aumento de glucosa en la sangre y glocosuria. De estos experimentos dedujo Kaufmann que la sangre que sale del páncreas y va por la vena porta al hígado produce un retardo en la elaboración de glucosa: sin páncreas, las células hepáticas, faltas de freno, fabrican sin tasa el azúcar.

Más demostrativos que los experimentos narrados resultan los que

¹ «Comptes rendus;» *Société de Biologie*, 19 Janvier, 1891. (Cita de Bra.)

² Kaufmann: *Société de Biologie*, Febrier, Mars et Avril de 1894.

siguen, relativos á la acción inversa que ejerce el sistema nervioso sobre los dos factores de la glucogénesis, hígado y páncreas.

Desde Cl. Bernard se sabe que la picadura del suelo del cuarto ventrículo produce un aumento notable en la cifra de orina segregada, con la particularidad de que ésta contiene glucosa. Bernard se explicaba la glucosuria como efecto de la excitación de la glucogenia hepática; y prueba de ello, que no se producía si antes de picar el bulbo se seccionaban los nervios esplánicos. Pues bien: Kaufmann ha completado, con singular fortuna, la hipótesis de Cl. Bernard.

En animales que habían sufrido la sección de todos los nervios del páncreas, ó del hígado respectivamente, la picadura bulbar producía sus consecuencias ordinarias (glucosuria); mas si entrambas vísceras eran privadas á la vez de sus relaciones nerviosas, quedaba sin efectos diabetógenos la punción de la médula oblongada. De estos experimentos dedujo Kaufmann que la acción del sistema nervioso consiste en excitar las funciones del hígado y el páncreas, sólo que los resultados son inversos; la excitación del hígado aumenta la producción de glucosa; la del páncreas enfrena ó entorpece la glucogénesis mediante su secreción interna. En definitiva: la fabricación de glucosa por el hígado está regulada por el páncreas.

Juicio critico. — Aunque tuviera, que no tengo, experiencia propia de los hechos que preceden, son tan complejos, que resulta aventurada toda conclusión definitiva. Desde luego es indudable la secreción interna del páncreas, su papel en la nutrición y sus relaciones con la glucogenia hepática; pero más allá no se puede ir por ahora. Con todo, debo confesar mi entusiasmo por la hipótesis de Kaufmann.

Funciones del bazo. — Este órgano, más que ningún otro, merece el título de glándula vascular-sanguínea, pues no sólo carece de conducto excretor, sino que influye evidentemente en la composición de la sangre; pruébalo: de un lado, las relaciones de los vasos sanguíneos y linfáticos en las cavidades del bazo; de otro, la naturaleza de los productos que se encuentran en el cieno esplénico; y, por último, las modificaciones que ofrece la sangre de la vena esplénica.

Todos los datos anatómicos y fisiológicos que conocemos abonan el contacto inmediato de los elementos de la sangre con los linfáticos de la pulpa esplénica; y á mayor abundamiento, en ésta se encuentran glóbulos en diversos grados de alteración, leucina, tirosina, ácido úrico, pigmentos de la sangre y óxido de hierro, cuerpos todos que indican una activa hematopoiesis. Además, los leucocitos son más numerosos en la vena esplénica; y por lo que se refiere á los hematíes que salen del bazo, son más pequeños, muy resistentes á los reactivos y no se apilan, como lo hacen los de la sangre ordinaria.

Por todas estas razones se ha tenido y se tiene el bazo por un órgano que construye leucocitos y hematíes; pero preciso es confesar que no es el único, ni su función indispensable, pues hoy, gracias á los progresos de la Cirugía, se ha logrado la extirpación del bazo en el hombre, con una pérdida de 20,68 por 100 de los operados ¹. En esta Facultad no hace mucho que operó con éxito la esplenectomía el Dr. Moreno Pozo.

La sangre, modificada por el bazo, va al hígado con la vena porta, y en este último órgano sufre nueva alteración. Es muy probable que entre los dos órganos exista estrecha relación funcional, pero todavía no la conocemos. Un indicio para este conocimiento nos lo suministra el hecho de congestionarse el bazo durante los períodos digestivos: tal vez este órgano, por las fibras musculares que posee, sirva para inyectar la sangre en el hígado; y en este supuesto, bien pudiera considerársele como un regulador de la circulación abdominal.

¹ El Dr. Spanton (*British Medical Journal*, Nov. 1895), con ocasión de referir tres casos de esplenectomía, inserta una curiosa estadística de esta operación, y de ella resulta que en 25 casos motivó la operación la leucocitemia y en 59 otras lesiones. Esta frecuencia de leucocitemia es una prueba del papel hematopoiético del bazo.

Lección I.

Secreción interna de la glándula tiroides y de la hipófisis.

Sumario: Funciones de la glándula tiroides. — Secreción interna de la misma. — Efectos de la tiroidectomía. — Hipótesis sobre la secreción interna. — Conclusiones experimentales. — Relaciones del tiroides con los órganos sexuales. — Secreción interna de la hipófisis.

Funciones de la glándula tiroides. — Esta glándula es de secreción interna exclusivamente. Vierte en la sangre un producto indispensable para el aprovechamiento de las substancias proteicas, y cuando falta, los animales, incapaces para reconstituir sus glóbulos, mueren en plena caquexia, si antes no sucumben con hipertermia y convulsiones.

La primacía de los estudios modernos sobre el tiroides corresponde á los fisiólogos (Schiff, 1856 y 57); mas en el descubrimiento de sus maravillosas funciones tienen gran participación los médicos (Gull y Ord, 1878) y los cirujanos (Reverdin, 1882 y Kocher, 1883). Después se multiplican las investigaciones y es innumerable la lista de fisiólogos y médicos que han unido su nombre á la historia de la glándula tiroides. Nosotros hemos comprobado muchos de los hechos que se investigaron en el extranjero ¹, y á ellos nos referiremos en primer término, pues siempre se habla mejor de aquello que se ha practicado.

Secreción interna de la glándula tiroides. — En tres

¹ Gómez Ocaña: *Investigaciones sobre el tiroides y medicación tiroidea*. Madrid, 1895.

órdenes de hechos se sustenta la prueba de la secreción del tiroides y de su papel en las funciones nutritivas.

1.º En los efectos que se siguen á la ablación del tiroides en los animales.

2.º En las enfermedades que ofrece el hombre cuando la glándula degenera ó se atrofia, y en las consecuencias de la operación del bocio (tiroidectomía).

3.º En los beneficios que resultan del injerto de la glándula ó de su administración á los enfermos que sufren los accidentes consecutivos á la lesión ó pérdida del tiroides.

En todos los casos, la degeneración ó pérdida del tiroides produce en los animales dos clases de accidentes: agudos, que inician la escena patológica y que se caracterizan por convulsiones, disnea y elevación de temperatura (caquexia estrumosa); y crónicos ó caquéticos, notables por el apagamiento de todas las funciones, singularmente de las intelectuales, baja de temperatura, paresia ó debilidad muscular, suspensión del desarrollo y una hinchazón de la piel que ha dado nombre á la caquexia (mixedema). La muerte es el término inevitable de las dos clases de accidentes, como no se acuda á la medicación por la substancia de la misma glándula.

Efectos de la tiroidectomía ¹. — En los perros, los accidentes son siempre agudos y la supervivencia corta. La máxima que he observado ha sido de treinta y un días, y en tan corto término no hay lugar á que se establezca el mixedema, que, como he dicho, es una enfermedad crónica. En cambio hay lugar á observar dos formas de caquexia; una agudísima con hipertemia y accesos de sofocación (figuras 58 y 59), y otra relativamente crónica, caracterizada por una baja constante de la temperatura (figura 56).

En el hombre la tiroidectomía total practicada con un fin qui-

1 Gómez Ocaña: *El Tiroides*, pág. 158 y siguientes.

rúrgico (operación del bocio) origina muchas veces, sobre todo en los jóvenes, accidentes convulsivos agudos que matan á los operados; pero lo ordinario es que estos accidentes sean pasajeros y tolerables, y entonces caen los enfermos en la caquexia mixedematosa.

El mixedema es también la consecuencia obligada de la degeneración del tiroides por causas patológicas. Esta enfermedad es más frecuente en las mujeres.

En los perros operados de tiroidectomía, los accidentes convulsivos aparecen muy pronto, á veces á las diez y ocho ó veinte horas, de ordinario á las cuarenta y ocho, pero no son los primeros. Desde que el perro se repone de la anestesia, muestra un cambio completo de carácter; y cualquiera que sea el habitual, alegre, dócil y confiado, ó receloso, irritable y gruñón, desde el instante en que les falta el tiroides tórnanse apáticos é impasibles á cuantas maniobras se ejecuten con ellos; entre mil, pudiera distinguirse por su aspecto un perro tiroidectomizado.

No por causa del traumatismo, sino por una profunda depresión cerebral, los perros quedan apáticos, insensibles é indiferentes, hasta el punto de poder realizar operaciones en ellos sin el auxilio del cloroformo.

Luego, desde las veinte á las cuarenta y ocho horas, aparece el imponente síndrome que da de través con las energías del animal en un brev-

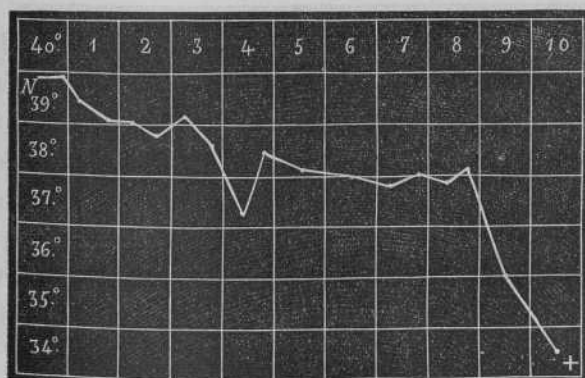


Figura 56.

Curva térmica correspondiente á un perro operado de tiroidectomía (tipo de caquexia subaguda.)

simo período. Las convulsiones, la tetania, la hipertermia y los accesos de sofocación, que son los síntomas á que me refiero, faltan en algunas ocasiones, pero su existencia es la regla cuando la ablación es completa y no se ayuda al animal con el injerto ó las inyecciones de jugo tiroideo.

El período convulsivo se inicia por temblores fibrilares, que bien pronto se transforman en convulsiones generales clónicas y á veces en tetania. El temblor comienza por los músculos masticadores, sigue por el diafragma y los respiratorios, y gana á poco los miembros posteriores.

Al par de las convulsiones, preséntanse los accesos de disnea y la elevación de temperatura, y víctimas de esta trinidad sintomática, la situación de los perros es verdaderamente horrible. Apoyados sobre sus patas entreabiertas, como si buscasen mayor estabilidad, ó rendidos del cuarto trasero, con el pelo erizado, los ojos desmesuradamente abiertos y extraviados, las pupilas dilatadas, la lengua negruzca latiendo fuera de la boca, temblorosos ó convulsos, y el tórax agitado por una respiración aceleradísima, irregular y sibilante, mueven á compasión los pobres animales. La temperatura en esta situación excede en uno ó dos grados á la normal, y esta hipertermia débese sin duda á las convulsiones, pues, como en seguida diré, el enfriamiento es un carácter constante del síndrome de la tiroidectomía.

El período convulsivo con accesos de sofocación es pasajero: ó mata por su violencia, ó cede pronto, en un término que no excede de veinticuatro ó cuarenta y ocho horas. Las inyecciones de jugo tiroideo lo hacen cesar en el acto. (Véanse las gráficas de las figuras 58 y 59).

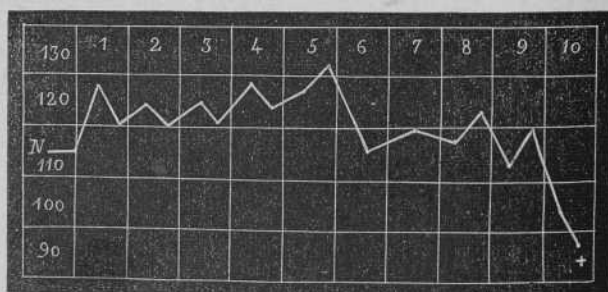


Figura 57.

Oscilaciones del pulso en un perro operado de tiroidectomía. N es el número normal de pulsaciones.

Antes de que se inicien las convulsiones, y al propio tiempo de la apatía, aparece otro síntoma, la anorexia. Nada tiene de particular que los ani-

males rehúsen los alimentos en los primeros días que siguen á la operación, pues esto es consecuencia de todos los traumatismos que sufre el animal, pero si lo tienen que la pérdida del apetito se prolongue tanto como la vida. Todavía, cuando éstos por maravilla se deciden á comer, tienen que desistir de su deseo, porque los temblores de los músculos masticadores, las convulsiones del esófago, del estómago é intestinos, y los vómitos, concluyen por hacer imposible toda alimentación regular.

Luego, ó al par de los temblores, se observa la paresia de los músculos, localizada por lo común en los extensores de los cuatro miembros y más graduada en los abdominales. Estas paresias son la causa de la marcha irregular y vacilante que ofrecen los animales.

La adinamia es también un fenómeno constante, y juntamente con las paresias musculares explican la repugnancia de los operados á toda clase de movimientos. Indiferentes y cada vez más tristes y acabados, permanecen días enteros acurrucados en un rincón, y se les creería muertos si no fuera por su respiración quejumbrosa. Si se les saca de esta situación, en cuanto se les deja vuélvense á su cubil, como impulsados por un resorte.

Cuando los animales no sucumben en este período, no tardan en caer en plena caquexia, y entonces dominan la desnutrición, el enfriamiento y las lesiones tróficas. La anorexia, la disfagia, la apatía y los temblores continúan; la adinamia y el enflaquecimiento se agravan; se les cae el pelo; se les ulcera la mucosa del tubo digestivo, especialmente en el recto y en la boca; por la nariz fluye un líquido moco-purulento; los ojos aparecen

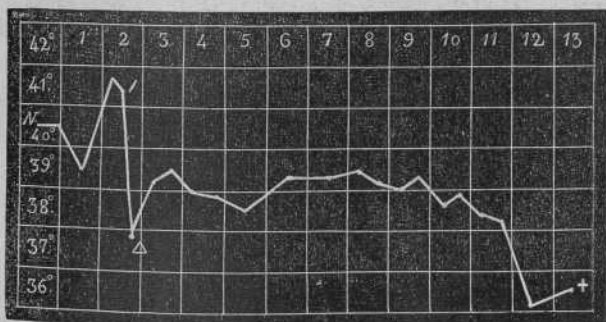


Figura 58.

Curva térmica de un perro operado de tiroidectomía (tipo de caquexia aguda). La línea señala la temperatura en el momento de una inyección de jugo tiroideo; el triángulo, el descenso á la hora de la inyección; N, la temperatura normal del perro antes de operado; y la cruz, la última observación antes de la muerte.

legañosos é irritados; la respiración, siempre difícil, se torna superficial, y á veces intermitente (tipo Cheyne-Stokes), la temperatura baja y el pulso sube en proporción.

Las ulceraciones no tienen tendencia á cicatrizar, y, por el contrario, ofrecen un fondo sucio, exhalan un olor fetidísimo, sangran á menudo y á veces se gangrena la mucosa en una gran extensión.

Las orinas son escasas, pobres en urea, albuminosas por lo general y casi siempre teñidas por las sales biliares.

Los síntomas se suceden y alternan con más ó menos violencia en los diversos animales que han perdido el tiroides; mas todos ellos derivan de tres alteraciones primordiales, constantes y perdurables: la hipotermia, la hipoglobulia y la depresión de las funciones nerviosas.

La hipotermia, salvo en el breve período de algidez convulsiva, es un fenómeno precoz y constante.

La hipoglobulia es otro de los fenómenos constantes. El capital de glóbulos desciende á menos de la mitad, y la sangre aparece negruzca, fluida y sin plasticidad, por cuya razón las hemorragias son tan frecuentes como difíciles de cohibir. Es probable que tenga estrecho parentesco con la hipoglobulia, la aparición casi constante de sales biliares en la orina y las equimosis subpleurales que á menudo se observan en las autopsias.

El cuadro que ofrecen en general los animales tiroidectomizados recuerda al de la anemia aguda por hemorragia, pues la temperatura es baja, el pulso blando y frecuente y la respiración acelerada. La combinación de la hipotermia, la taquicardia y la disnea es la regla de la caquexia estru-mosa de los perros.

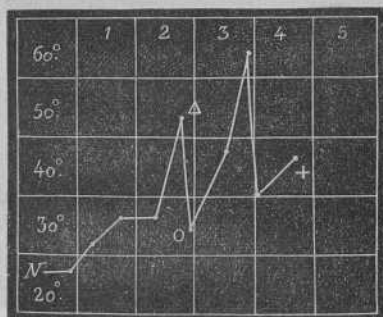


Figura 59.

Oscilaciones de los movimientos respiratorios en un perro operado de tiroidectomía. El triángulo señala el momento de la inyección; O, sus efectos inmediatos; N, la respiración normal; y la cruz, la última observación antes de la muerte.

Los accidentes nerviosos, cuya precocidad y constancia he señalado, trascienden á todas las esferas: á la psíquica, por embotamiento del instinto y apatía; á la sensitiva, por anestias y analgesias; y á la motora, por temblores, convulsiones, adinamia y parálisis.

Las lesiones anatómicas observadas han sido congestiones del encéfalo, manchas equimóticas en las pleuras, hiperemias, hemorragias y focos de supuración en los pulmones, reblandecimiento del corazón, hiperemia y supuración del hígado, ulceraciones y gangrena de la mucosa digestiva, mucina en la glándula parótida que jamás la contiene; y una vez observé hipertrofia muy notable del cuerpo pituitario.

Cuando la operación se hace incompleta y se deja un tercio ó un lóbulo entero del tiroides, los animales no se muestran apáticos ni padecen más que accidentes poco graves y pasajeros. Tampoco, y á menos de complicaciones ajenas á la operación, sucumben á ella.

Hipótesis sobre la secreción interna del tiroides.—

Como resultado de las modernas investigaciones se han puesto á discusión muchas hipótesis acerca de las funciones del tiroides, y para abreviar las consideraremos en dos grupos: 1.º, las que suponen una acción antitóxica directa ó indirecta en la secreción interna de la glándula; y 2.º, las que atribuyen á los productos segregados una influencia inmediata sobre la nutrición.

Entre los partidarios de la función antitóxica figuran los nombres de Gley, Colzi, Fano, Zanda y otros no menos ilustres. El tiroides, según estos fisiólogos, vierte en la sangre unos productos para neutralizar la acción tóxica de ciertos venenos que originan del metabolismo normal, ó bien se fijan aquellos productos en el sistema nervioso, para defenderlo de los citados venenos.

En favor de estas hipótesis se acumulan las pruebas siguientes:

1.^a El síndrome de la caquexia es análogo al de las auto-intoxicaciones, y la misma intermitencia de la crisis concluye la semejanza, pues parece que el veneno se acumula durante los intervalos de tranquilidad.

2.^a Las transfusiones de sangre de los perros caquéticos á los sanos produce accidentes convulsivos ó temblores y agrava los síntomas en los que acaban de sufrir la tiroidectomía (Ughetti, Mattei y Rogowitoh).

3.^a Las sangrías abundantes alivian los síntomas.

4.^a Aumenta la toxicidad de las orinas en los animales tiroidectomizados, é inyectado dicho excreta á los perros sanos, les produce contracciones fibrilares.

5.^a Las mismas contracciones determina la inyección del suero sanguíneo de los animales caquéticos (Gley).

6.^a La antipirina y el cloral, que moderan la excitación del sistema nervioso, suspenden ó alivian los accidentes.

7.^a Las inyecciones de extracto de músculos de los animales caquéticos producen convulsiones en los sanos (Vassale y Rossi).

El alegato, aunque numeroso de indicios, no ofrece, como se ve, prueba alguna concluyente. Todas ellas, unas más, otras menos, son recusables; y por lo que hace á la cuarta y sexta, que parecen más directas en favor de la intoxicación, pueden explicarse por la grave alteración nutritiva que caracteriza á la caquexia estrumosa.

La segunda hipótesis cuenta á Horsley como principal mantenedor y nos presenta al tiroides influyendo por su secreción interna en la fijación del oxígeno y en el aprovechamiento de las primeras materias de nutrición, y tiene en su favor los argumentos siguientes:

1.^o La notable disminución de oxígeno en la sangre de los animales caquéticos (Albertoni y Tizzoni).

2.^o La disminución del capital globular en la caquexia y el aumento de glóbulos á beneficio de la cura por el tiroides.

3.^o Las relaciones de la glándula tiroides con el aparato respiratorio en todos los vertebrados.

4.^o La agravación de los accidentes cuando se alimenta con carne á los animales tiroidectomizados (Horsley).

5.^o La presencia de glucosa, albúmina y sales biliares en la orina.

6.^o El aumento de peso de los mixedematosos no obstante la flaqueza de la nutrición.

7.^o La suspensión del desarrollo en los animales jóvenes que pierden el tiroides.

El conjunto de las pruebas que preceden parece de gran valor, y, sin embargo, no puede aceptarse como definitiva la hipótesis, porque lucha con graves objeciones. La principal de ellas es la brusquedad y la rapidez con que se presentan y se suceden los accidentes: disminúyase la capacidad respiratoria de la sangre de un perro, como lo han hecho Fano y Zanda, y se verán aparecer los accidentes de la asfixia, pero nunca el síndro-

me de la tiroidectomía. Es verdad que en la caquexia estrumosa se complican otros fenómenos de retardo é insuficiencia nutritiva, mas de todos modos se nos escapa algo para completar la verdadera teoría de las funciones de la glándula tiroides.

Conclusiones experimentales.— Las tres siguientes encierran cuanto sabemos de positivo acerca de la fisiología del tiroides:

1.^a La glándula tiroides, por su secreción interna, cumple un papel indispensable é insustituible en los mamíferos; su pérdida produce la caquexia estrumosa, el mixedema y el cretinismo.

2.^a El órgano tiroides tiene dos máximas funcionales: la primera y principal en la época fetal, y la segunda coincide con el esplendor de las funciones genéticas. Por esta razón, la tiroidectomía es más grave en los niños y en los jóvenes que en los viejos.

3.^a En igualdad de condiciones, el papel del tiroides aumenta de importancia en las hembras, y, por tanto, las enfermedades de la glándula son más frecuentes en el sexo femenino. Por idénticos motivos debe ser más peligrosa la tiroidectomía en las mujeres.

Relaciones del tiroides con los órganos sexuales.—

Dada la preponderancia del tiroides en las hembras, su máximo poder funcional en el periodo del desarrollo y la decadencia globular que produce su pérdida, puede suponerse cierta relación entre los ovarios, órganos sexuales femeninos que sirven para la reproducción del total individuo, y la glándula que nos ocupa, la cual influye directa é indirectamente en la generación de células para que el organismo se nutra, crezca y restaure.

La potencia genética de los ovarios llega á cero en la menopausia; y aunque de esta pérdida se resienten las funciones vegetativas y animales, al cabo se acomodan á ella; pero por menguada que sea la actividad trófica y reparadora de los viejos, éstos no pueden vivir si no aprovechan los

ingresos alimenticios en entretener la fábrica de su cuerpo. Así se explica el mixedema como un accidente de la menopausia, ó sea la consecuencia de la atrofia inoportuna del tiroides.

Secreción interna de la hipófisis. — Es de las menos conocidas, pero tenemos datos para afirmarla.

El cuerpo pituitario, en efecto, hace una carrera análoga al tiroides en toda la serie animal, é influye casi tanto como éste en el desarrollo del organismo. La pérdida del tiroides, bien sea por causa patológica (Bourneville y Bricon), ya por ablaciones experimentales (Gley), produce, aunque no siempre, la hipertrofia de la hipófisis.

La ablación de la hipófisis produce, según Schäfer, síntomas análogos á los de la tiroidectomía (enfriamiento, anorexia, laxitud, temblores, espamos y disnea), y muchos de ellos remiten con las inyecciones de extracto de la misma glándula.

Marie llega á más: dice que, así como la falta de tiroides engendra el mixedema, la pérdida del cuerpo pituitario produce acromegalia, enfermedad que se caracteriza por la hipertrofia de la piel, mucosas y huesos de las extremidades.

Sin embargo, Schäfer insiste en que no debe asimilarse por completo la función pituitaria y la tiroidea: la primera se parece más á la de las cápsulas suprarrenales, pues el extracto de la hipófisis produce en los animales aumento en las contracciones del corazón y en la presión de la sangre.

Es análoga la estructura de las dos citadas glándulas, según han demostrado los análisis histológicos de Rogowitsch, Pisenti y Viola. El lóbulo anterior de la hipófisis es muy vascular, está compuesto de células epiteliales cilíndricas y se encuentran en él una serie de lagunas llenas de substancia coloidea.

Lección LI.

Secreción interna de los riñones y cápsulas supra-renales.

Sumario: Secreción interna de los riñones. — Antecedentes clínicos y experimentales. — Secreción interna de las cápsulas supra-renales. — Hipótesis para explicar su función. — Experimentos de Abelous y Langlois y de Schäfer.

Secreción interna de los riñones. — Estas glándulas son mixtas, pues de una parte segregan la orina y de otra ceden á la sangre ciertos productos, aún no definidos, mas indispensables para la nutrición.

La Patología suministró el primer indicio de la secreción interna de los riñones, con la discusión de las causas de la uremia. Á consecuencia de la doble nefrectomía y de la ligadura de los uréteres, practicadas en los animales con un fin experimental, así como en las lesiones renales del hombre, prodúcese una enfermedad grave, muchas veces mortal y siempre acompañada de hondas alteraciones del sistema nervioso: esta enfermedad se atribuyó á defecto en la excreción de los principios tóxicos que contiene la orina, y de aquí el nombre de uremia.

Mas cuando se trató de fijar la substancia ó substancias que producian el envenenamiento urémico, se sucedieron las hipótesis, sin que la experimentación diera soluciones completamente afirmativas; así, según las épocas, se han aceptado y rechazado respectivamente la urea, el amoniaco, las sales de potasa y los alcaloides urinarios. Últimamente se había llegado á un acuerdo sobre la base de un envenenamiento mixto, cuando el ilustre Brown-Sequard llamó la atención sobre una serie de hechos dignos de momento y estimación.

Antecedentes clínicos y experimentales.— La uremia recuerda á las intoxicaciones, por su agudeza, por la extensísima esfera de sus manifestaciones sintomáticas y porque la armonía del sistema nervioso se rompe y la nutrición se trastorna por completo. Faltaba averiguar si la intoxicación era obra exclusiva de los venenos que deben excretarse con la orina, ó influye en ella la ausencia de los principios que los riñones elaboran por secreción interna. Las observaciones clínicas registradas por Brown-Sequard, en las cuales aparecen anúricos por largos periodos, sin que sufran accidentes de uremia ¹; los experimentos de este venerable fisiólogo, demostrativos de la influencia que ejercen en la dicha intoxicación las inyecciones de extracto de riñón; los de Vivenza ² fijando las modificaciones que experimenta la sangre al atravesar por las glándulas; y los de Meyer ³ sobre los animales urémicos, confirman la sospecha de que los riñones gozan de secreción interna, y que la falta de ésta juega un gran papel en la intoxicación urémica.

Preocupado Brown-Sequard de su descubrimiento sobre el jugo testicular, y muy atento á las investigaciones acerca de la secreción interna del tiroides, del páncreas y de las cápsulas supra-renales, le bastó la tesis de Merklen ⁴ sobre la anuria, para inducir una teoría completa de la función de los riñones.

El razonamiento era lógico. Puesto que la uremia es compatible en muchos casos con la conservación de la secreción y excreción de orina, y falta en otros de anuria completa, no debe existir una relación de causa á efecto entre la secreción y la enfermedad, ó cuando menos, la relación no es tan simple como se la supone.

En efecto; la ciencia registra historias de enfermos, casi todos calculosos, que han padecido de anuria absoluta durante tres, ocho, trece, catorce, diez y seis y hasta veintiocho días, sin que apareciera el síndrome de la uremia. ¿Cómo pueden explicarse estos hechos, si la uremia se debe á

1 Brown-Sequard: *Archives de Physiologie*, Octubre, 1893.

2 Vivenza: *Lo Sperimentale*, t. XLVII, 1893. (Cita de Bra.)

3 Meyer: *Archives de Physiologie*, Enero 1894.

4 Merklen *Etude sur l'Anurie*, París, 1881.

la retención en el organismo de tóxicos que no han podido eliminarse con la orina?

He aquí la solución que ofrece Brown-Sequard: «Pueden existir tres tipos distintos de falta de secreción en los riñones; en el primero, las dos secreciones—interna y externa—faltan; en el segundo falta la secreción interna, conservándose la externa más ó menos completamente; y en el tercero falta sólo la secreción externa, manteniéndose íntegra la interna.»

«Al primer tipo corresponden los casos de ablación experimental de los dos riñones, y se da algunas veces en el hombre en ciertas afecciones orgánicas de la totalidad de las glándulas renales en las que la anuria se asocia á la uremia. Los fenómenos urémicos, ó si se quiere, las manifestaciones del envenenamiento por la acumulación en la sangre de algunos principios de la orina, muéstranse entonces con toda su intensidad.»

«Comprende el segundo tipo los casos de nefritis ó de otras enfermedades de los riñones que alteran la casi totalidad del tejido glandular. La secreción externa continúa más ó menos normal, y numerosos hechos demuestran que no hay una relación de necesidad entre los fenómenos urémicos y la cantidad ó composición de las orinas. La secreción interna, por el contrario, falta ó está profundamente alterada, y esta alteración es la causa principal de las manifestaciones morbosas de la uremia.»

«El tercer tipo abarca los casos de anuria completa en los que una gran parte de un riñón, cuando menos, se conserva orgánicamente normal. El hecho de que no haya lugar á manifestaciones morbosas durante siete, ocho, diez, doce ó veinte días, y aun durante más largo período, suministra una demostración evidente de nuestra conclusión: que los fenómenos urémicos no dependen exclusivamente, como se cree, de la acumulación en la sangre de los principios de la orina.

Desde estudiante he mirado con prevención la teoría que ajustaba la uremia á un simple envenenamiento por los principios no excretados de la orina, y fundaba mi repugnancia en los casos de aquella enfermedad en que se habían conservado, más ó menos alteradas, la secreción y excreción urinarias. Mi prevención creció cuando pude convencerme, experimentando en los perros, de la cantidad enorme de orina humana ¹ que podía inyectarse en el peritoneo de estos animales sin que su salud se resintiese lo más mínimo. Con todo, debo confesar que no se me ocurrió

¹ He inyectado hasta tres litros de orina humana, previa reducción de volumen por evaporación al baño de María.

la idea de una secreción interna de los riñones hasta que la aprendí en la publicación de Brown-Sequard.

Los experimentos de Vivenza se fundaron en análisis diferenciales de la sangre de la arteria y de la vena renal; y aunque no son ni pueden ser rigurosamente exactos, demuestran que el líquido nutricio, al pasar por los riñones, pierde agua y hemoglobina y gana densidad y alcalinidad, modificaciones que en conjunto son favorables á la teoría de la secreción interna.

Faltábale á la hipótesis de Brown-Sequard confirmación experimental y contraprueba clínica. La primera se encuentra en los experimentos que él mismo realizó en animales urémicos por doble nefrectomía, á los que inyectó extracto de riñones, logrando con esto hacerlos vivir más del término ordinario; pero de mayor valor son los de Meyer, que abarcan las siguientes conclusiones:

1.^a La transfusión de la sangre de los animales urémicos, por doble nefrectomía, á los animales sanos, no produce trastorno alguno en los últimos.

2.^a Análoga transfusión, desde un animal urémico á otro que acaba de sufrir la doble nefrectomía, acelera y agrava en el último los accidentes de la uremia.

3.^a El extracto de riñón inyectado á los animales que acaban de sufrir la nefrectomía doble, retarda la aparición de los accidentes, regulariza la respiración cuando se ha hecho intermitente á causa de la uremia, y en todo caso alarga el período de supervivencia.

Preciso es confesar que no son muy firmes estas conclusiones; pero al menos inclinan el ánimo en pro de la hipótesis de la secreción interna de los riñones, con tanto más motivo, cuanto que me parece ser una cuestión de tiempo la demostración del mismo oficio en todas las glándulas con conducto excretor. Un hecho decisivo, intentado y no logrado hasta ahora, que yo sepa, sería evitar la uremia en los animales que han sufrido la ablación de los riñones, por el injerto de uno de estos órganos.

Los experimentos de Meyer han tenido una loable consecuencia: la aplicación á la terapéutica de los extractos de riñón preparados con todos los rigores de la asepsia. Dicho extracto, administrado en inyecciones subcutáneas á la dosis de 3 c. c., es perfectamente tolerado por el hombre ¹.

Cierto que el éxito aún no ha correspondido á las esperanzas que hizo

1 Bra, *Therapeutique des tísus*, pág. 565. París, 1895.

concebir la medicación nefrítica; pero aún no es hora de desechar un remedio que bien pudiera ser precioso, en el tratamiento de la uremia, luego que se perfeccione el método. Se conoce una curiosa aplicación del extracto renal hecha por Dieulafoy á un paciente de enfermedad de Bright de forma disneica. El enfermo estaba perdido; toda medicación ordinaria había fracasado, cuando se acudió á las inyecciones de un extracto, por la glicerina y el agua, de la substancia cortical de riñón de buey. Se le inyectó cada dos horas una dosis de 3 gramos 50 centigramos de extracto, y se obtuvo una notable mejoría. La desorganización de los riñones no era, desgraciadamente, compatible con la vida, y al cabo el enfermo sucumbió¹.

Secreción interna de las cápsulas supra-renales.—

Estos órganos tienen una importancia funcional que no guarda relación con su tamaño; mas el que se fije en su riquísima nutrición (tres arterias para cada cápsula) no extrañará que estas pequeñas glándulas son indispensables para la vida. Ningún producto vierten las cápsulas al exterior, puesto que son glándulas cerradas, y por tanto, toda su trascendencia fisiológica pende de las modificaciones que imprimen á la sangre, ó sea de su secreción interna.

Hasta estos últimos años, la función de las cápsulas nos era completamente desconocida. Se sabía que la destrucción de ambos órganos producía fatalmente la muerte en un término perentorio (Brown-Sequard, 1856) y poseíamos como indicio la supuesta relación entre las lesiones capsulares y la enfermedad de Addison (Addison, 1855).

Los experimentos de Abelous y Langlois² en Francia y los de Mosso y Albanèse³ en Italia, han llevado nuestros conocimientos á un punto

1 La observación de referencia la comunicó Dieulafoy á la Sociedad Médica de los Hospitales de París, y la inserta el Dr. Bra en obra antes citada.

2 Abelous y Langlois: «Recherches exp. sur les fonctions des capsules surrénales de la grenouille,» *Archives de Phy.*, 30 Abril 1892.—Los mismos: «Sur les fonctions des cap. surr.,» *Arch. de Phy.* Julio 1892.—Abelous, Charrin y Langlois: «La fatigue chez les Addisoniens,» *Arch. de Phy.*, Octubre 1892.—P. Langlois: «Destruc. des cap. surr. chez le chien,» *Arch. de Phy.*, Julio 1893.

3 Albanèse: «Sur les fonctions des capsules surrénales,» *Archives Italiennes de Biologie*, Sep. 1892.

muy cercano á la verdad. Estos experimentos, que yo he repetido en las ranas, conducen á las siguientes conclusiones:

1.^a La lesión ó destrucción de una cápsula ocasiona trastornos pasajeros que no matan á los animales, salvo accidente operatorio.

2.^a La destrucción de ambas cápsulas produce la muerte en un período tanto más breve cuanto más activa es la nutrición de los animales y mayor trabajo realizan sus músculos.

3.^a La muerte en la doble extirpación de las cápsulas viene precedida de un período de debilidad y parálisis de los músculos.

Hipótesis sobre la secreción interna de las cápsulas. — Dos hipótesis completamente opuestas se han emitido para explicar la secreción interna de estas glándulas: la sustentada por Abelous y Langlois, para los cuales elaboran las cápsulas unas sustancias antitóxicas ó anuladoras de los venenos que se producen en la contracción normal de los músculos; y la de Schäfer¹, que deduce de sus experimentos la presencia, en la parte medular de las glándulas, de un cuerpo extraordinariamente tóxico, pero que en el estado normal se vertería en la sangre á dosis mínimas y serviría para mantener la contractilidad de los músculos, corazón y vasos inclusive.

Las dos hipótesis pretenden explicar por opuesto mecanismo el mismo hecho: la debilidad muscular con que sucumben los animales privados de cápsulas; y admitase una ú otra, siempre se para en igual solución práctica. Los males que ocasiona la lesión de las cápsulas pueden aliviarse con un extracto de las mismas glándulas.

Abelous y Langlois, después de cerciorarse que la muerte en la doble destrucción de las cápsulas no se debe á la lesión de los riñones, tuvieron la feliz ocurrencia de comparar los accidentes de la capsuloectomía, de una parte, con los síntomas de la enfermedad de Addison, y de otra con el envenenamiento por el curare. Los hechos no han justificado del todo

1 Schäfer (Relato de una conferencia dada por este fisiólogo en la *British Medical Association* el 2 de Agosto de 1895). *Medical News*, Agosto 24-1895.

que la astenia de Addison y las parálisis de los animales acapsulados tengan el mismo origen; mas en cambio, puede darse por demostrada la segunda analogía.

Fundáronse los experimentadores en el hecho de agravarse los accidentes y acelerarse la muerte, en los animales acapsulados, por la inyección de sangre de otros semejantes que acababan de morir paralíticos á consecuencia de la destrucción de las cápsulas. Ya en este camino, tomaron por cabo el dato de morir los operados tanto más pronto cuanto mayor era su agitación, y dedujeron que el veneno que destruían normalmente las cápsulas por su secreción interna se origina en las contracciones de los músculos y actúa sobre los nervios motores como el curare. El éxito acompañó á esta hipótesis, pues sirviéndose los experimentadores de la sangre de los animales muertos por lesiones de sus cápsulas, pudieron lograr con ella el clásico experimento de Cl. Bernard para demostrar en las ranas la acción del curare sobre las extremidades de los nervios motores. Si en una rana privada de cápsulas se prepara el nervio ciático y luego se liga el miembro, de suerte que no le reste con el tronco más relación que la nerviosa, la acción paráliso-motora de la sangre tóxica no se manifiesta en el anca ligada; y, por el contrario, cuando todo el cuerpo está paralizado y los nervios motores no reaccionan al excitante eléctrico, la excitación del ciático produce contracciones en los músculos del miembro ligado.

El injerto de un pedazo de riñón con su cápsula ha sido logrado por Abelous en una rana. Este animal soportó sin accidentes la doble extirpación de las cápsulas, y sólo sufrió la parálisis y la muerte cuando se le privó del injerto. El extracto de cápsulas inyectado á los animales acapsulados retarda los accidentes, atenúa su violencia y prolonga la vida.

Aunque se parecen la astenia de Addison¹ y la debilidad y parálisis musculares de los animales acapsulados, aún no puede ser resuelta la identidad entre ambos órdenes de fenómenos, ni acordada definitivamente la relación de causa á efecto entre aquella enfermedad y las lesiones capsulares. Son muchos los casos de meladermia asténica en los cuales se han encontrado íntegras las cápsulas; y aunque la inversa no tuviera excepciones, todavía faltaría demostrar la relación entre la pigmentación de la piel y las funciones capsulares.

¹ La enfermedad de Addison, llamada también de *la piel bronceada* porque el tegumento toma un color cobrizo, se caracteriza por debilidad y parálisis de los músculos y ha coincidido muchas veces con lesiones destructivas de las cápsulas.

Según los experimentos de Schäfer, y los que este mismo autor refiere de Oliver, se encuentra en la parte medular de las cápsulas un principio orgánico dialisable, soluble en el agua, resistente al calor y de maravillosa acción fisiológica sobre los músculos del esqueleto, el corazón y las fibras lisas de los vasos.

Sobre los músculos voluntarios su acción se parece á la de la veratrina, pues aumenta y alarga la onda de contracción ¹.

En el corazón varían los afectos, según que esté intacto ó suprimido el mecanismo inhibitorio que representan los nervios vagos. Cuando éstos se seccionan ó se inutiliza su función con la atropina, el pulso crece en energía y frecuencia; si el poder inhibitorio está íntegro, el pulso se hace lento.

En los vasos, el principio capsular produce un aumento de tono con elevación enorme de la presión de la sangre, y este efecto se consigue aunque se inhiban los movimientos del corazón ó se excite el nervio depresor. ¡Tan extraordinario esfuerzo realizan los músculos de los vasos!

Por lo que hace á la dosis, causa maravilla el poder del principio capsular: 55 miligramos de extracto seco de substancia medular bastan para obtener efectos máximos en un perro de 10 kilogramos de peso. La relación es para los dichos efectos máximos de 55 diezmiligramos por cada kilogramo de peso de animal. Añádase á esto que las $\frac{9}{10}$ de la médula capsular se compone de proteicos no dialisables.

En vista de estos hechos puede suponerse que las cápsulas, por su secreción interna, están continuamente prestando á la economía un principio que sirve para mantener la actividad de los músculos, del corazón y de los vasos; pero Schäfer no ha podido demostrar la presencia de dicho principio en la sangre de las venas supra-renales.

¹ Un experimento no basta para formar juicio, pero debo hacer constar que en el primero que he hecho, el resultado confirma la hipótesis de Schäfer. He obtenido dos curvas de contracción de los gemelos de dos ranas iguales: la una normal, y la otra previa inyección de extracto de cápsulas de conejo. La contracción en esta última era mucho más energética y sostenida.

Leccción LII.

Balance de la nutrición.

Sumario: Balance de la nutrición. — Ingesta: circunstancias que la modifican. — Ración de entretenimiento. — Valor calorímetro é isodinámico de los principios inmediatos. — Efectos de la inanición. — Idem de la privación de agua. — Idem de la privación de sales minerales. — Dieta exclusiva por los albuminoides. — Dieta exclusiva por las grasas é hidratos de carbono.

Balance de la nutrición. — Para establecerle precisa conocer los siguientes datos:

1.º El ingreso, representado por los alimentos, oxígeno y agua inclusive.

2.º Las excreciones, agua, ácido carbónico y productos excrementicios nitrogenados.

3.º El destino de las materias que quedan en el organismo cuando la ingesta domina á la egesta, ó la procedencia de lo desasimilado en el caso contrario.

El primer dato es fácil de averiguar, gracias á los adelantos de la análisis química. En la práctica se somete á los animales ó al hombre á un régimen conocido, dándole cantidades de determinados alimentos de primera calidad, cuya composición se deduce, previo análisis.

El segundo dato se obtiene con bastante aproximación analizando las heces, la orina y el aire expirado. Con la orina (urea, ácido úrico, creatinina, etc.), salen los $\frac{9}{10}$ del nitrógeno desasimilado y el resto con las heces (pigmentos y sales biliares, sca-

tólo, etc.): en estas últimas va también el nitrógeno no absorbido. La combustión de las grasas é hidratos de carbono produce CO_2 y H_2O , que se eliminan por los pulmones, riñones y piel; mas de ordinario se desdeñan para el cálculo la respiración y transpiración cutáneas.

Más difícil de determinar son las altas y bajas en la composición del organismo, pues no tenemos medio alguno directo para investigarlas. Los métodos indirectos consisten: para la ganancia, en el aumento del peso del cuerpo y en el análisis de un animal que se sacrifica después de un régimen excesivo; y para las pérdidas, en el análisis de la egesta y del cuerpo de un animal que se somete á dietas exclusivas por una sola clase de alimentos ó se le condena á la muerte por inanición.

Ingesta. — Para mantener la nutrición normal del hombre son indispensables el oxígeno, el agua, los albuminoides, las grasas, los hidratos de carbono y las sales; pero la proporción de estas substancias varía según la edad, sexo, trabajos exteriores, clima y condiciones individuales.

La influencia de las condiciones enumeradas, por evidente no necesita comentario. Destinándose los ingresos al entretenimiento de las funciones y al incremento del cuerpo, claro es que, manteniéndose constante la composición de éste, la ingesta debe guardar relación con la temperatura del organismo y con los trabajos exteriores que realice; mas si á la vez prospera el individuo, débese á un *superavit* del presupuesto con destino á la asimilación.

Además de las condiciones cuya influencia es evidente, hay otras, pertenecientes al individuo, que no se conocen más que por los efectos. Sucede con los individuos lo que con las máquinas térmicas; las hay caras de combustible, y otras que con poco gasto rinden mucho trabajo útil. Hombrés hay que se dan por sanos y necesitan un exceso de alimentación para producir un mediocre trabajo, y otros que, con dietas inverosímiles por lo escasas, viven mucho, tienen numerosos hijos y son prodigios de actividad. Estas variedades no implican oposición á las leyes mecánicas, pues para todos los nacidos la combustión de un gramo de albúmina producirá

cuatro calorías; el toque está en la acertada administración de estas unidades de fuerza.

En conjunto, es fácil apreciar el incremento del cuerpo, y así nadie duda cuándo un niño crece, un adulto prospera ó un convaleciente se restablece; también se aprecia con claridad el desmedro ó la desnutrición de un individuo, ya sea por alimentación insuficiente, exceso de trabajo ó enfermedad; pero cuando se quieren aquilatar por análisis la cuantía y destino de la ganancia ó el origen de las pérdidas, las dificultades son casi insuperables.

Estas dificultades provienen de triple causa: 1.ª, el ingreso se asimila en parte y en parte se reserva, siendo imposible juzgar por el aumento de peso del cuerpo si la ganancia corresponde á una, á otra ó entrambas partidas; 2.ª, las excreciones también proceden en parte de la movilización de las reservas nutritivas y en parte de la desasimilación de los tejidos; y 3.ª, la desasimilación varía en cada especial tejido: de donde se sigue que puede haber individuos ricos en grasa y pobres de nutrición de los músculos y nervios, y á la inversa.

Ración de entretenimiento. — Comprende las cantidades mínimas de albuminoides, grasas é hidratos de carbono que se necesitan para mantener la vida de un hombre adulto, sin que ni gane ni pierda, ni su salud se resienta.

Como pronto veremos, la vida se hace imposible con una dieta exclusiva de cualquiera de las tres clases de alimentos; pero entrando las tres en el régimen, pueden sustituirse dentro de ciertos límites, con tal que la cifra total de energías que produzca su combustión satisfaga el gasto del organismo.

El metabolismo de los principios inmediatos de los alimentos es muy complejo, pero á la postre viene á parar en oxidaciones; por eso en la práctica se calcula el valor dinámico de un alimento por el calor de su combustión.

Rubner¹ ha dado el nombre de *isodinamia* á la equivalencia de unos principios inmediatos por otros, dado su valor calorimetro.

El valor calorimetro de un principio inmediato se calcula por el rendi-

¹ Z. B., 1886, t. xxii, pág. 40 (citado por König y vuelto á citar en el *Diccionario* de Richet, pág. 346).

miento de calor que produce su combustión total (hasta CO_2 y H_2O) si se trata de los hidratos de carbono, y de las grasas ó de su combustión incompleta (hasta convertirse en urea) para los albuminoides.

Rubner da las siguientes cifras por gramo de substancia:

Grasa = 9,3 calorías. *Albúmina* = 4,1 ídem. *Almidón* = 4,1 ídem.

De donde se deduce que los feculentos y la albúmina son isodinámicos en igualdad de peso.

La sustitución de unos principios inmediatos por otros es muy extensa entre los grasos y los feculentos; como que no tiene otro escollo que la enorme diferencia calorífica en favor de los primeras; en cambio oscila en límites muy estrechos entre las dos mentadas clases y la de los albuminoides. Estos son indispensables á doble título, pues su asimilación es de primera necesidad para los tejidos y sus aptitudes metabólicas sirven de excitantes á todas las mutaciones nutritivas. Añadase, en último término, que de los albuminoides pueden producirse las grasas y el glucógeno.

Por estas razones se ha tratado de fijar la mínima cantidad de albuminoides necesarios á la nutrición de un hombre adulto. He aquí las cifras en relación al peso del cuerpo de los individuos experimentados ¹:

	Peso en kilogramos.	Albúmina.
Un obrero de Voit y Pettenkofer.....	79	118 gramos.
Hirschfeld.....	73	39 —
Kumagawa.....	48	54,7 —
Peschel.....	77	33 —
Breisacher.....	55	67,8 —
Soldado japonés (Mori).....	59	60 —
Estudiante japonés (Tsuboi y Murato).....	46	52 —
Abisinio (Lapicque).....	52	50 —
Malayo (Lapicque).....	52	60 —

¹ *Dictionnaire* de Richet, pág. 357.

Como término medio de las cifras que preceden puede adoptarse la de un gramo de albúmina por cada kilogramo de peso del cuerpo. (*Lapicque*)

La ración de entretenimiento, aun aparte de las circunstancias exteriores é individuales, varia mucho según la clase de alimentos. Basta considerar que lo que se come de ordinario no es albúmina, ni grasa, ni almidón, sino una gran variedad de compuestos, cuyas condiciones de digestibilidad y valor calorimetro varían mucho. Valgan ejemplos: 225 gramos de sintonina equivalen á 243 gramos de carne magra; 39 gramos de albúmina equivalen á 550 gramos de pan; pero éste necesita de mayor trabajo digestivo, y además contiene 297 gramos de fécula y dos gramos de grasa. De todo lo expuesto y de las diversas estadísticas puede deducirse que en la ración de entretenimiento deben figurar alimentos capaces de producir de 65 á 80 gramos de albúmina, 400 de hidratos de carbono y 60 de grasas¹. Esta ración arroja un total de 2.500 calorías, que parecerá insuficiente para un hombre del Norte, pero satisface el presupuesto nutritivo de un obrero de nuestro país. Claro es que si el obrero se dedica á trabajos rudos la ración habrá de aumentarse, sobre todo, en hidratos de carbono y en grasas. Felizmente nuestros obreros se alimentan á base de pan, y en Andalucía se acostumbra añadir carne, tocino y aceite á los trabajadores que se dedican á tareas extraordinarias, como los segadores, pisadores de uva, mozos de era, etc.

Efectos de la inanición. — Cuando se condena un animal á la abstinencia de todo alimento, sin darle más que agua, consume para entretener sus funciones, primero sus reservas nutritivas y luego sus tejidos. Para acomodarse á la abstinencia el animal reduce al mínimo su trabajo y defiende del consumo los tejidos cuyas funciones son más necesarias á la vida.

¹ Pettenkofer y Voit proponen como ración de un obrero la siguiente; albúmina, 118 gramos; grasa, 56 gramos; hidratos de carbono, 500 gramos.

La resistencia de un animal á la inanición es tanto mayor cuanto mayores sean sus reservas nutritivas y menos intenso su trabajo funcional; por estas razones las aves resisten menos que los mamíferos, y de éstos sobreviven más largo período los más gordos y los más viejos.

El suministro de compuestos minerales no ofrece cuestión, pues sobre que se contienen en las aguas y en los alimentos, el hombre usa como condimento el principal de ellos, el cloruro de sodio. Ahora bien: calculando el gasto de sales minerales por las que se eliminan con la orina, se han propuesto las siguientes cifras diarias para un hombre que pese 60 kilogramos ¹:

	Consumo mínimo.	Consumo medio.
Sosa.....	0,30 gramos.	7,00 gramos.
Potasa.....	0,90 »	4,75 »
Ácido fosfórico.....	3,60 »	4,75 »
Cal.....	0,30 »	0,75 »
Cloro.....	1,50 »	8,00 »
Óxido de hierro.....	0,053 »	0,143 »

El glucógeno, la grasa, el tejido glandular, los músculos y la sangre pechan en primer término con el consumo, y la vida se hace imposible en cuanto corresponde el turno al sistema nervioso, cuyas funciones son indispensables.

Véase, según Voit, las pérdidas que sufrieron los diversos tejidos de un gato que murió por inanición. Dichas pérdidas se refieren á los tejidos secos y están calculadas con relación á 100.

Tejido adiposo.....	97
Bazo.....	63,1
Hígado.....	56,6
Músculos.....	30,2
Sangre.....	17,6
Cerebro y médula.....	60

¹ *Dictionnaire* de Richet, p. 322.

Muy interesante resulta el decrecimiento de la urea en la orina á consecuencia de la inanición. En los primeros días la cifra baja bruscamente, porque el animal queda privado del nitrógeno circulante; después, el descenso es gradual hasta la muerte. Las sales eliminadas por la orina también bajan, aunque más lentamente, durante el período de la abstinencia.

Efectos de la privación de agua. — El hombre sucumbe antes á la privación de agua que á la de alimentos, hecho que se comprende fácilmente, dado el triple papel que corresponde á este líquido en el organismo ¹. Este pierde constantemente agua por las secreciones y la evaporación, y aunque la pérdida es variable con las diversas circunstancias (entre ellas se cuenta la temperatura y humedad del aire), puede calcularse de dos y medio á tres litros en las veinticuatro horas. De esta cifra, una parte corresponde al agua producida en la economía por la combustión del hidrógeno, y el resto lo suministran los alimentos y bebidas.

Todos los alimentos contienen agua en más ó menos proporción, y se calcula que en la ración ordinaria van 1.000 gramos. Las bebidas suministran el resto, litro y medio próximamente.

Efectos de la privación de sales minerales. — Recordaré en esta sazón que el fósforo, el azufre, el cloro, el fluor, la potasa, sosa, cal, magnesia, etc., entran en la composición del cuerpo humano y son objeto de continua eliminación.

Cuando se priva á un animal de los principios minerales, sucumbe irremisiblemente; pero los fenómenos que preceden á la muerte, y el período de resistencia, varían en cada caso. La privación de sales de cal altera sobre todo el armazón de los animales y les hace incapaces de conservar su forma. La ausencia de sosa y potasa entorpece el cambio nutritivo á un punto que

¹ Véase la pág. 242.

toda evolución se hace imposible, y del retardo se pasa á la muerte en breve período. Ya hemos dicho que la alcalinidad de los humores y tejidos es condición esencial del cambio nutritivo.

No es menos indispensable el hierro, pues cuando falta, los animales se decoloran, los hematíes degeneran, la nutrición languidece y la vida resulta imposible. Con todo, como la eliminación de hierro es escasa, la supervivencia á su privación es mayor que para la de los alcalinos.

Dieta exclusiva por los albuminoides. — Cuando se suministra á un animal toda la carne que puede comer, sin darle grasa ni hidratos de carbono, su nutrición se altera profundamente y acaba por enfermar y morir. El período de resistencia es mayor si se emplean alimentos naturales que cuando se usa albúmina pura ó peptona, porque aquéllos contienen alguna grasa é hidratos de carbono.

Los carnívoros resisten más que los herbívoros y pantófagos, por venir acostumbrados á un régimen azoado. Así Voit ha logrado entretener el peso del cuerpo de un perro por espacio de cuarenta y nueve días con un régimen exclusivo de carne.

Atendiendo sólo á la teoría, parece que un régimen de albuminoides debía ser suficiente á sustentar la vida, puesto que de ellos derivan la grasa y el glucógeno; mas en la práctica, sin duda por las aptitudes metabólicas de estos compuestos, casi todo el ázoe de ellos se elimina en forma de urea, y para entretener las funciones se requieren cada día dosis mayores de alimentos, hasta que al cabo se rinden las fuerzas digestivas y el cambio nutritivo se torna ruinoso para lá economía.

Dieta exclusiva por las grasas é hidratos de carbono. — Dada la importancia nutritiva de los albuminoides y la incapacidad del organismo animal para fabricarlos, resulta evi-

dente que la vida no puede mantenerse con una alimentación exclusiva de grasas é hidratos de carbono. Afortunadamente, la mayor parte de los alimentos vegetales y animales contienen albuminoides, y ya hemos visto cuán pequeña dosis de ellos basta para sustentar la vida.

La experiencia ha demostrado que los animales privados en absoluto de albuminoides sucumben en un periodo casi igual al que determinaría la inanición.

Lección LIII.

Producto dinámico del cambio nutritivo (Calor y trabajos exteriores).

Sumario: Energías liberadas en el cambio atómico. — Mantenimiento. — Trabajos exteriores. — Calor. — Cálculos sobre el calor producido por el organismo. — Técnica. — Temperatura del hombre. — Oscilaciones fisiológicas de la temperatura. — Edad. — Trabajo muscular. — Vigilia y sueño. — Alimentación. — Horario. — Conservación de la temperatura. — Aumento en la producción de calor. — Economía de calor. — Aumento en las pérdidas. — Mecanismo regulador de la temperatura.

Energías liberadas en el cambio atómico. — Las energías intransitivas (fuerzas de tensión) contenidas en los principios inmediatos de los alimentos y de los tejidos, se transforman, mediante el metabolismo de la nutrición, en fuerzas transitivas ó vivas, utilizables por el propio organismo que verifica la transformación ¹. La mayor cantidad de estas energías liberadas aparecen bajo la forma de calor, ya porque se engendren con dicha forma ó porque paren en ella los trabajos interiores que

1 Las transformaciones de energías que tienen lugar en el organismo se contienen en el siguiente principio, que resume los teoremas de Berthelot: «Dado un sistema de cuerpos simples ó compuestos, todas las modificaciones que podemos imaginar en él se reducirán á cambios moleculares entre átomos de la misma naturaleza (*cambios físicos*) ó entre átomos diferentes (*cambios químicos*); y por ley de equivalencia, las transformaciones de fuerza á que den lugar unos y otros podemos medirlas con unidades térmicas. En su virtud: *el metabolismo de un sistema de cuerpos simples ó compuestos producirá una cantidad de calor igual á la diferencia entre el trabajo intransitivo del sistema, al principio y al fin del periodo metabólico, cualquiera que sean los estados físicos ó productos químicos intermedios.*»

realiza la economía: en segundo término figuran los trabajos exteriores, y en un orden más secundario todavía, la producción de electricidad. Los fenómenos luminosos tienen escasísima importancia en el organismo humano; y en cuanto al trabajo nervioso, le consideramos como interno. En suma: calor, trabajos musculares exteriores y electricidad, són los formas en que aparece el producto dinámico del cambio de materia. Estudiaremos el calor y los trabajos exteriores, dejando los fenómenos eléctricos para cuando tratemos de los músculos y nervios.

El organismo humano no es una máquina térmica ¹; y, sin embargo, rinde en forma de calor la mayor parte de las energías que obtiene de la mutación química de sus alimentos y tejidos. Otra porción de energías aparece en forma de trabajo nervioso y de movimientos internos, tales como los que resultan de la contracción de los músculos cavitarios; pero tanto aquél como éstos se transforman en calor, y en este estado se exportan al exterior. Así, por ejemplo, el trabajo cerebral produce el recalentamiento de la sangre ² y el movimiento de ésta también engendra calor por transformación del impulso que la anima (presión).

Por esta razón, el calor que el hombre disfiunde en el medio tiene una doble procedencia: 1.^a, calor producido directamente por el metabolismo; y 2.^a, calor que se engendra por transformación del movimiento interno.

Frente al calor producido debemos considerar el trabajo muscular que el hombre realiza con los músculos del esqueleto y que se traduce por movimientos parciales ó totales del cuerpo. Este trabajo mecánico también se difunde en el medio.

Mantenimiento.— Para cálcular las energías desarrolladas por un hombre durante un período cualquiera de su vida, basta

1 Para que lo fuera tendría que satisfacer la fórmula que dió Sadi Carnot para el coeficiente económico de las máquinas térmicas ($C = \frac{T - T'}{T}$) en donde T representa la temperatura máxima y T' la temperatura mínima á partir de 0 absoluto. En términos llanos, en las máquinas térmicas ha de haber una brusca diferencia de temperatura entre el foco y los órganos.

2 El aumento de combustiones por el trabajo cerebral se ha demostrado por Schiff, Mosso, Mercier y otros experimentadores, no sólo por el crecimiento de la temperatura local y general, sino por la cantidad de CO_2 exhalado.

conocer la *ingesta* y la *egesta*, si el individuo no cambia de composición mientras dura el experimento. La contraprueba del cálculo se obtiene confrontando la cifra diferencial que arrojan los calores de formación de los alimentos y de materias excretadas, como la suma del calor desprendido y los trabajos exteriores realizados por el individuo en el mismo período.

Los alimentos (oxígeno y agua inclusive), llevan en su constitución una cantidad de energía equivalente á su trabajo *intransitivo ó en tensión*. No podemos medir directamente esta energía intransitiva, pues ni el termómetro, dinamómetro, electrómetro, etc., nos dan idea de la que va contenida en la albúmina ó en la grasa; pero por medios indirectos y tomando la caloría como unidad de medida, somos capaces de calcularla con la mayor exactitud. El procedimiento nos lo prestan la Termoquímica y la Termodinámica, pues gracias á las sagaces investigaciones de Mayer, Berthelot, Sadi Carnot, Clausius, Fabre y Silbermann, Joule, Tyndall, Rubner y otros, podemos determinar el calor de la combustión de un cuerpo cualquiera, sin que importe á la exactitud del cálculo el que la combustión sea lenta ó viva, incompleta ó total, por grados ó de una vez. Así, por ejemplo, la combustión total de un kilogramo de carbono produce la misma cantidad de calor (7.000 calorías) si se hace en un solo acto que si se hace por grados. Hasta óxido de carbono = 5.000 cal. De óxido ó ácido carbónico = 2.000 cal. Total, 7.000 cal.

Aplicando el procedimiento termoquímico á todos los principios inmediatos que se combustionan en el organismo, podemos averiguar, y ya está averiguado, el tanto de energía que se contiene en cada uno de ellos. La diferencia entre el calor de formación de los alimentos y el de las excreciones, da en calorías el tanto de fuerza que ha ganado el organismo, y luego pueden reducirse las calorías á kilográmetros ó á la unidad métrica que convenga. Si el cálculo está bien hecho, la diferencia antes citada debe ser igual al calor irradiado y trabajos exteriores que verificó el individuo durante el mismo período, siempre que en el mismo se haya mantenido constante su composición (Berthelot).

Trabajos exteriores. — Una sexta parte próximamente de las energías liberadas por las combustiones orgánicas pueden emplearse en trabajo muscular voluntario; pero es de advertir que, á consecuencia de la contracción, las combustiones aumentan

mucho. Este aumento puede alcanzar el quintuplo de la cifra ordinaria en el esfuerzo muscular. (Gad.)

Ya hemos dicho que los rendimientos de las contracciones de los músculos internos se tasan como calor, pues en esta forma aparecen á la observación. La contracción de los músculos del esqueleto, además de calor, produce un trabajo mecánico directamente apreciable en kilográmetros.

Desde el punto de vista económico, no tiene rival la máquina animal, pues ésta rinde como trabajo útil $\frac{1}{6}$ del calor de su combustión y las de vapor más perfeccionadas sólo producen $\frac{1}{12}$. Los músculos producen, según Gad, el 30 por 100.

Á consecuencia del esfuerzo, las combustiones se acrecen hasta quintuplicarse y la cifra de ácido carbónico exhalado aumenta en la misma proporción.

Un hombre adulto desarrolla en reposo 110 calorías por hora, y cuando emprende una marcha fatigosa cargado de peso, puede producir 550 en el mismo tiempo; de éstas sólo 91 emplea su trabajo mecánico. ($91 \times 425 = 38.675$ kilográmetros por hora.)

Calor.— El hombre emplea la mayor parte (los $\frac{5}{6}$) del calor producido por sus combustiones en mantener la temperatura de su cuerpo. Si consideramos la aptitud del hombre para vivir en todos los climas, su acomodación es muy extensa (de 70° á 80° centígrados); pero si nos atenemos á la temperatura de sus humores, su aptitud se mueve en límites muy estrechos¹. Quiere decir, que el organismo humano necesita para vivir una temperatura casi constante; y si se acomoda en los climas glaciales y en los tórridos, es porque tiene la facultad de producir, conservar y perder calor. En cuanto á la importación, el calor cósmico nos favorece en cuanto nos ahorra el propio; pero si la temperatura del ambiente es superior á la de la economía, ésta transforma el calor en las mismas superficies en donde se recibe, mediante la intervención del sistema nervioso.

¹ Ignoramos las oscilaciones de los humores; pero á juzgar por la temperatura media de la axila, pueden calcularse, cuando más, en tres ó cuatro grados.

Á fuer de movimiento, el calor es sucedáneo de la vida, y así lo estima el vulgo. El hombre ha menester una temperatura que varía poco de 39° para su sangre, lo cual supone una crecida cantidad de calor, pues lo mismo este humor que los tejidos poseen una gran capacidad calorífica; de aquí la necesidad de destinar al calentamiento de su cuerpo la mayor porción de las energías libres que desarrolla. Mas como dice Letamendi ¹, los animales producen calor para su gasto y para la *exportación*, pero jamás lo *importan*, porque cuando la temperatura del ambiente es superior á la del animal, éste recibe el valor de aquel exceso, lo transforma en trabajo intransitivo y luego lo devuelve al medio, otra vez en forma de calor. He aquí el proceso: calor atmosférico = excitación de las papilas nerviosas del dermis (trabajo intransitivo) = acciones reflejas sobre los músculos cardíacos, respiratorios y vasculares (trabajos interiores) = hiperemia de la piel é hipersecreción de sudor = evaporación cutánea y pulmonar. *Resultado: absorción de calor por el agua al convertirse en vapor.*

Cálculos sobre el calor. — Hemos calculado en 2.500 calorías el producto diario del metabolismo de un hombre de nuestro país en estado de reposo, es decir, sin realizar más trabajos exteriores que los indispensables para el ejercicio de la vida, como, v. gr., los respiratorios, los cambios de postura, etc. Cuando trabaja moderadamente, la cifra se eleva á 2.800 ó 3.000, y en los trabajos rudos puede llegar á 5.000 (Pettenkofer y Voit.)

El calor difundido durante veinticuatro horas por el individuo humano se tasa entre 1,380 y 1,560 calorías; de cuyas cifras, un 3 por 100 se emplea en calentar los alimentos y las excreciones, un 15 por 100 en la evaporación pulmonar, y el 82 por 100 restante en la irradiación y evaporación cutáneas.

Técnica. — Dos métodos se ofrecen para determinar la cifra de las energías desarrolladas por un animal en un periodo dado: 1.º, averiguar el valor calorímetro de sus alimentos y de sus excreciones, y, á partir del supuesto que el organismo no pierde ni gana, obtener la diferencia; 2.º, medir directamente el calor difundido por el animal. Los dos métodos se completan,

1 Letamendi: *Pat. general*, t. II, pág. 527.

pues son la prueba y contraprueba, y para ambos se necesita del calorímetro.

Este aparato se funda en el mecanismo de los termómetros y mide el calor por la dilatación que experimenta un líquido ó un gas encerrado en un espacio de capacidad conocida y en perfecto aislamiento del exterior. En el calorímetro se introduce una fuente de calor de valor conocido y se marca el grado de dilatación del líquido ó del gas, y repitiendo los experimentos se obtiene una graduación bastante exacta. Graduado el aparato, se introduce un animal ó se combustiona una substancia y se averigua el calor producido: tanto en uno como en otro caso conviene reproducir el experimento y comprobarlo con el análisis de los productos de la combustión (urea, ácido carbónico agua, etc.).

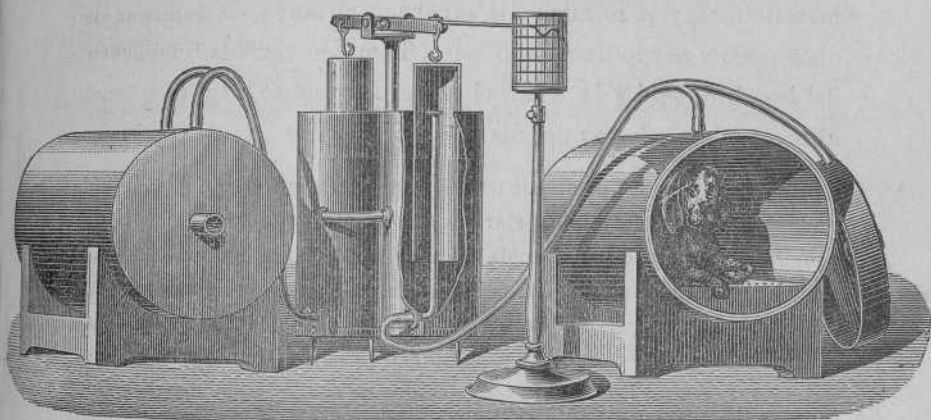


Figura 60.

Calorímetro de Arsonval.

En el laboratorio disponemos del calorímetro inscriptor y diferencial de Arsonval, aplicable á los animales de escasa corpulencia. Se compone de dos cilindros de latón huecos, de doble fondo é igual capacidad, en los cuales se introducen los animales cuyas temperaturas se van á comparar. La cavidad anular aislada por la doble pared de cada cilindro se pone en comunicación por un tubo de cautchuc, con la campana de un gasómetro muy ligero que pende de un extremo del fiel de una balanza. Como los gasómetros son dos y se equilibran, el fiel permanece horizontal; pero cuando se dilata el aire en uno de los cilindros, la balanza se inclina al lado puesto en un grado proporcional á la dilatación. Un estilo escritor

fijo al fiel de la balanza traza las oscilaciones sobre un cilindro vertical que se mueve muy lentamente por un aparato de relojería: en el modelo que poseemos da una vuelta á la semana.

El calorímetro puede usarse con un solo cilindro, y entonces da las variaciones de calor desarrollado por un solo animal.

Arsonval es autor de otro calorímetro aplicable al hombre fundado en el mismo mecanismo del que dejamos descrito.

Temperatura del hombre.— La temperatura del hombre resulta del equilibrio entre el calor producido y el que se pierde por irradiación y evaporación; pero no es uniforme. La máxima temperatura corresponde á la sangre que sale de los órganos más metabólicos, y la mínima á la superficie cutánea, en donde se produce poco y se pierde mucho calor. También varía la temperatura del hombre según la edad, el trabajo ó reposo, vigilia y sueño, alimentación y horas del día.

Engendrándose el calor por transformación de las energías contenidas en los principios inmediatos, claro es que la cifra producida ha de guardar proporción con la actividad metabólica de los tejidos. Todos son metabólicos, porque todos se nutren; pero los que más actividad muestran son el glandular, el nervioso y el muscular: éste más importante que los demás, pues sobre ser muy activos los músculos, representan el 45 por 100 del peso del cuerpo. Según Ludwig, la temperatura de la sangre de la vena submaxilar, mientras está segregando por excitación de la cuerda del tambor, excede en 1°,5 á la de la carótida. Por lo que hace al hígado, la glándula más metabólica del cuerpo humano, véase el resultado de los experimentos de Cl. Bernard en animales:

Después de cuatro días de abstinencia.	Vena porta.....	37°,8
	Vena suprahepática.....	38°,4
Al principio de la digestión.....	Vena porta.....	39°,9
	Vena suprahepática.....	39°,5
En plena digestión.....	Vena porta.....	39°,7
	Vena suprahepática.....	41°,3

De donde se deduce la influencia térmica de la función hepática y de la digestiva.

Sería muy desigual la temperatura de las diversas regiones del cuerpo si no fuera por la sangre; ésta se carga de calor en unas

partes, lo pierde en otras, y circula por todas, contribuyendo á la uniformidad de la temperatura. Á la uniformidad se oponen: de un lado, la situación de los órganos; y de otro, la cantidad de sangre que reciben en la unidad de tiempo (dilatación vascular y velocidad del círculo). En igualdad de condiciones, un órgano tendrá mayor temperatura cuanto más abrigado y mejor surtido de sangre esté; por esta razón, las vísceras, los músculos y el tejido adiposo gozan de mayor temperatura que la piel, y de ésta aparece más fría la de las orejas y extremidades, por la doble circunstancia de recibir la sangre desde más distancia (contando como centro el corazón) y ofrecer más amplia superficie á la irradiación.

Júzguese de la distribución del calor por las diversas temperaturas del cuerpo:

Temperatura media de la sangre.....	39°
Ídem íd. en el recto.....	37°,7 á 38°
Ídem íd. en la vagina.....	37°,3 á 37°,8
Ídem íd. en la boca.....	37°,3
Ídem íd. en la cavidad nasal.....	36°,5
Ídem íd. en el conducto auditivo externo.....	35°,2
Ídem íd. en la piel de las mejillas.....	30°
Ídem íd. en el lóbulo de la oreja.....	22° á 24°

Como término medio de las diversas temperaturas del cuerpo se toma la del hueco axilar, que oscila en el estado fisiológico entre 36°,5 y 37°,5.

Oscilaciones fisiológicas de la temperatura. Edad.—

La temperatura del niño recién nacido es la mayor que ofrece el organismo durante la vida¹; desciende á poco del nacimiento, luego aumenta hasta la edad adulta, y decrece en la vejez.

¹ Imbert, *Physique biologique*. París, 1895, pág. 897.

Temperatura del recién nacido.....	38°,8.
Media hora después del nacimiento ..	36°,6.
En los diez días que siguen.....	37°,6.
En la infancia y adolescencia.....	37° á 37°,6.
En la edad adulta	36°,5 á 37°,5.
En la vejez.....	36°,4 á 37°,1.

Trabajo muscular. — Por la doble razón de ser muy metabólicos y muy abundantes, los músculos pueden considerarse como la principal fuente de calor. Los animales, por instinto ó por mecanismo reflejo, contraen sus músculos para aumentar su temperatura, y el aumento puede alcanzar la enorme cifra de 40° en los ejercicios violentos (Landois). Becquerel comprobó hace muchos años que la temperatura de los músculos se aumentaba un grado en el estado de contracción.

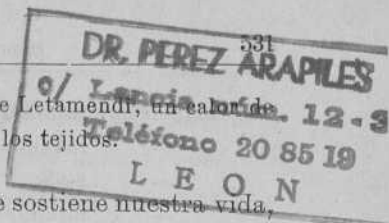
Vigilia y sueño. — Durante el sueño, el trabajo de los músculos remite y el metabolismo de todos los tejidos disminuye; y por entrambas causas, la temperatura desciende. Ya sabemos, por experiencia, que lo mismo de día que de noche necesitamos más abrigo cuando dormimos. En la vigilia ocurre todo lo contrario.

Alimentación. — Inmediatamente después de la ingestión de los alimentos, siéntase ó no calor, la observación termométrica acusa un aumento de temperatura, sobre todo en las personas débiles y en los convalecientes (fiebre de digestión). Pasadas cuatro ó cinco horas y cuando la absorción está en su algidez, vuelve á elevarse el termómetro y el individuo experimenta salubre sensación de calor.

En ayunas, y cuando han pasado siete ú ocho horas sin haber comido, ocurren los fenómenos contrarios: se siente frío y baja la temperatura.

El aumento de temperatura por ingestión de los alimentos débese á la reacción de la mucosa digestiva y glándulas anejas que entran en activi-

dad. El que se sigue á la absorción es, como dice Letamendi, un *calor de reparto*, porque entonces llegan los alimentos á los tejidos.



Horario. — El sol, que indirectamente sostiene nuestra vida, influye directamente en nuestras funciones por su luz y por su calor, pero nos alcanzan con cierto retraso las revoluciones solares. Por esta razón, ni coincide con la media noche la mínima temperatura, ni con el medio día la máxima. Y es que para la transmisión de las fuerzas se requiere tiempo, y así la temperatura mayor del día se dará á las tres de la tarde, no obstante verificarse el meridiano á las doce.

Véase la sencilla elocuencia con que Letamendi desenvuelve este tema 1: «Así el fondo de nuestro cuerpo, como el fondo de la naturaleza en general, responden con notable retraso á la doble libración del influjo solar y á la sencilla del influjo de la luna. Y de ahí que en el ciclo diurno nuestro cuerpo marca la *máxima* animación á media tarde (hora de los recargos), no al medio día, y la *mínima* á la madrugada (hora de las defunciones), no á media noche. De ahí que el enfermo gravísimo que llega á las siete ó las ocho de la mañana siguiente ya tiene, por punto general, ganado un día más, no por ser aquella hora la de la salida del sol, sino la *madrugada efectiva* de los que resisten la influencia de la *madrugada real*, ó de las tres á las seis matutinales, horas éstas del mayor desamparo solar efectivo, horas terribles para los débiles, horas de sudores colicuosos, horas de alarmas, horas de estar toda vida en su mínima, horas, en fin, de agonía y muerte..... con ser como son las horas crepusculares, del retorno del astro vivificante.»

Véase ahora el resultado de mis observaciones en 99 jóvenes alumnos de mi curso: las temperaturas han sido tomadas á las siete y treinta de la mañana, en ayunas; á las once de la mañana; á la una y cincuenta de la tarde, después del almuerzo; á las cinco de la tarde; á las once de la noche, y á la una de la madrugada. Las observaciones se han hecho en la axila; los grados son centígrados 2:

Número de observaciones: 594. — Temperatura media que arrojan: 36°, 6.

1 Letamendi: *Patología general*, tomo II, pág. 826.

2 En los cálculos he prescindido de las centésimas de grado.

Temperatura mínima á las siete y treinta de la mañana..	35°,7.
— máxima — ..	37°,7.
— <i>media</i> — ..	36°,5.
— mínima á las once de la mañana.....	36°.
— máxima — 37°,6.	
— <i>media</i> — 36°,4.	
— mínima á la una y cincuenta de la tarde....	35°,3.
— máxima — 37°,5.	
— <i>media</i> — 36°,6.	
— mínima á las cinco de la tarde.....	35°,8.
— máxima — 37°,9.	
— <i>media</i> — 36°,9.	
— mínima á las once de la noche.....	35°,6.
— máxima — 37°,5.	
— <i>media</i> — 36°,6.	
— mínima á la una de la madrugada.....	35°,4.
— máxima — 37°,2.	
— <i>media</i> — 36°,3.	

Conservación de la temperatura. — Si la del medio fuera constante, bastaría para conservar la del cuerpo en los límites fisiológicos, mantener la producción de calor en equilibrio con la pérdida; mas como la temperatura del medio cambia y puede ser excesiva ó baja según los climas, estaciones y horas del día, es forzoso que el hombre aumente la producción de calor ó lo economice cuando la temperatura es adversa, y exagere las pérdidas ó limite la producción si la temperatura del medio es muy alta. En ambos casos, el sistema nervioso regula la producción y pérdida del calor.

Aumento en la producción de calor. — El calor aumenta con las combustiones, y éstas lo hacen cuando afloja el tono de los nervios inhibitorios ó se estimulan los excito-motores ¹. El frío, cuando obra poco tiempo y no es excesivo, estimula los ner-

1 Véase *Nervios caloríficos* en la pág. 539.

vios cutáneos, y por acción refleja se avivan las combustiones á la vez que se limita la pérdida de calor ¹. Para la acción estimulante, basta con que el enfriamiento sea parcial, y así sucede de ordinario. El crecimiento de las combustiones requiere aumento de combustible y de comburente; felizmente, en los climas de baja temperatura se respira un aire denso, la alimentación es más abundante y nutritiva, y el apetito y las fuerzas digestivas se estimulan con el frío. Compárense los kilogramos de aceite de foca que consume un esquimal, con el arroz cocido con agua y sal que come un negro del Sahara, y se comprenderá la vida que llevan uno y otro en climas tan opuestos.

Además, el hombre tiene al servicio de su voluntad las máquinas térmicas más poderosas, los músculos.

Economía del calor. — El hombre está providencialmente dispuesto más para defenderse del frío que del calor; ¡tales son sus medios de defensa! Comienza por tener multiplicados por la piel, y en mayor número que para el calor, los elementos impresionables para el frío; y luego cuenta con el abrigo del panículo adiposo y de la piel, con un mecanismo vaso-constrictor, que al producir la anemia de la piel limita la irradiación, y con la supresión del sudor, que anula la evaporación cutánea.

Añádanse á estos medios naturales de defensa los que el hombre se proporciona por su industria, vestidos, habitación y calefacción.

Los tejidos en general, y la piel y el adiposo en particular, son malos conductores del calor; y puede que haya en esto, como en todo, variaciones

¹ Davis, ayudante de Mercier, se sometió á un experimento demostrativo de la influencia del frío en la atmósfera de la producción de calor. El experimento se basó en la diferencia de volumen de CO² exhalado por minuto á temperaturas también diferentes:

CO ² exhalado por minuto á 3°,3 C.....	284 c. c.
— — — á 11°,9 C.....	217 c. c.

Diferencia en favor de las combustiones en la atmósfera fría.....

67

British, M., Junio, 1895. Cronian lectures, by Mercier.

individuales. Grasset ha propuesto la siguiente fórmula para expresar la conductibilidad de la piel para el calor: $\frac{t' - t}{\tau}$; τ representa el tiempo que necesita un termómetro aplicado á la axila para pasar de la temperatura t á t' .

Aumento en las pérdidas de calor. — Como la mayor cantidad del calor producido se pierde por irradiación y por evaporación cutánea y pulmonar, el hombre, para exagerar las pérdidas, favorece la irradiación y aumenta la secreción de sudor. Por lo que hace á la evaporación pulmonar, se encuentra favorecida en los climas cálidos¹, pues como es alta la temperatura del aire, admite más cantidad de vapor acuoso. De todos estos recursos, el más eficaz es el sudor, pues en la evaporación del agua que contiene se pierden cantidades enormes de calor. *calor 575/100 de H₂O evaporado 2257*

Además de estos medios naturales de defensa contra el calor, la industria del hombre acude á otros, tales como la disminución ó supresión de los trabajos exteriores, la refrigeración con bebidas ó baños fríos, guardarse del calor solar en habitaciones frescas, uso de vestidos ligeros, alimentación parca, etc.

La exageración en las pérdidas de calor se ejercita cuando el que se produce en el organismo es excesivo (fiebres, trabajos violentos) ó cuando la temperatura del medio se aproxima ó pasa de la del cuerpo.

Mecanismo regulador de la temperatura. — De todo cuanto llevamos expuesto se deduce que el sistema nervioso regula la temperatura, ora excitando la producción, ora aumentando la pérdida: en el primer caso actúan los nervios motores y secretorios, y en el segundo los inhibitorios, respiratorios y sudóricos. Debe haber centros térmicos para el gobierno de la calorificación, pero hasta ahora no se ha demostrado su localización de un modo preciso.

¹ Recuérdese que el ritmo respiratorio se acelera cuando la temperatura aumenta, y he aquí una nueva causa de perdición de calor. (Véase la página 434.)

Lo cierto es que el sistema nervioso regula la temperatura por acción refleja, y es admirable cómo la excitación de las papilas cutáneas por el frío engendra impulsos nerviosos que producen un aumento en las combustiones; y, á la inversa, el calor determina la congestión de la piel y estimula la secreción del sudor. De esta suerte resulta la calorificación un mecanismo regulador automático que responde con alza ó baja á las bajas y alzas del medio ambiente.

Ott y Wood localizan en la parte anterior de los tálamos ópticos un centro moderador de la termogénesis: la destrucción de dicho centro ó de las fibras que produce, aumentaría la temperatura. Landois admite otro centro termo-regulador en la cara externa del hemisferio cerebral (parte inferior del labio anterior de la cisura crucial en los perros): la excitación ó destrucción de este centro produciría, respectivamente, disminución ó aumento de temperatura en la mitad opuesta del cuerpo ¹.

1 Landois, obra citada, pág. 776.

Lección LIV.

Gobierno nervioso de la nutrición ¹.

Sumario: Antecedentes clínicos y experimentales. — Análisis de la influencia de los nervios sobre la nutrición. — Nervios vaso-constrictores y vaso-dilatadores. — Nervios caloríficos y frigoríficos. — Nervios sensitivos y motores. — Nervios inhibitorios. — Nervios tróficos. — Mecanismo nervioso de la nutrición. — Conclusiones.

Antecedentes. — La Clínica, con sus perdurables y crueles enseñanzas, ha mostrado á médicos y legos cuánto trascienden todas las enfermedades en el sistema nervioso; y, á la recíproca, la inmensa influencia que este sistema mantiene sobre la nutrición. Apenas hay quien por propia y dolorosa experiencia, ó en cabeza ajena, no haya aprendido cómo se trastornan las funciones nutritivas cuando las pasiones, los disgustos, los sufrimientos morales, las preocupaciones, las fatigas intelectuales, los dolores, las neurosis, las vesanias ó las parálisis rompen el equilibrio de la inervación.

La Patología muestra que no hay enfermedad sin alteración del sistema nervioso ni que deje de perturbar profunda ó somera, oculta ó aparentemente la nutrición. Pero esta perturbación trófica se traduce unas veces por mala evolución, otras por defecto ó exceso en los ingresos, y otras por gastos dispendiosos; jamás

¹ Esta lección se publicó con el mismo título en la *Revista de Medicina y Cirugía Prácticas*. Madrid, Febrero 1895.

— y en esto discrepamos médicos y vulgo — por un *superabit* ó exceso de nutrición, porque ésta, como todas las funciones, tiene su meta en lo justo, y tanto perjudica el más como el menos. Así como no puede ponderarse el valor intelectual de un hombre por el tamaño de su cabeza, tampoco es dato acreditado el peso para juzgar de su nutrición, pues tan flaco de salud puede estar un individuo con 100 kilogramos de cuerpo como otro con 40.

Rota de cualquier manera la normalidad de la nutrición, los nervios se alteran, y de esta alteración surge una nueva causa de desgobierno nutritivo; por esta razón ha interesado siempre, y urge ahora averiguar en cada caso, si la lesión nerviosa fué primitiva ó secundaria; mas para llegar á este extremo, precisa antes depurar y analizar la influencia trófica de los nervios.

En este punto, ofrécese la historia médica tan rica en hechos como turbia de criterio. No he de referir punto por punto el alcance trófico de las innumerables enfermedades de los centros y de los nervios, porque sería labor enojosa por lo larga, y aburrida, por inútil; cumples mejor á mis propósitos agrupar estas calidades de influencia en el siguiente esbozo de clasificación:

ENFERMEDADES CUYO RESULTANTE ARROJA	EFECTOS
<i>Excitación de los nervios....</i>	{ Aumento del trabajo vivo de las células, y, por tanto, del gasto del total organismo. Tipo, la fiebre.
<i>Inhibición de los nervios....</i>	{ Remisión del trabajo vivo y aumento del estatismo de las moléculas organizadas, todo ello en perjuicio de la asimilación. Tipo, el envenenamiento con el cloroformo.
<i>Parálisis de los nervios....</i>	{ Disminución y aniquilamiento del trabajo vivo. Los tejidos realizan un trabajo, tanto más cercano á los fenómenos físicos generales, cuanto más próximos están de la muerte. Tipo, la gangrena.

De cómo se combinan, ordenan, conciertan y suceden estas calidades de influencia, me harán merced los lectores, pues el trato menudo de esta cuestión me obligaría á entrar de lleno en la Patología, y no debo olvidarme que escribo un capítulo de Fisiología. Otra cosa son las manifestaciones de las dichas influencias, pues corresponden por entero á la investigación experimental fisiológica, y quiero analizarlas con el mayor cuidado.

Se juzga de la nutrición de los individuos, de los órganos y de los tejidos por uno ó varios de los siguientes fenómenos:

1.º Por el estado de su circulación, ó más breve, por el riego sanguíneo.

2.º Por la temperatura.

3.º Por las funciones secretorias, motoras ó sensitivas.

4.º Por el crecimiento (hipertrofia é hiperplasia), mengua (atrofia é hipoplasia) ó degeneración de los tejidos.

Riego sanguíneo. — La cantidad de sangre que circula por un territorio del cuerpo en un tiempo dado es proporcional al calibre de los vasos y á la velocidad, y entrambos factores aumentan durante el período de función de ciertos órganos; por esta causa, el riego se quintuplica en el período de actividad de los músculos. Pero cuando la velocidad del círculo permanece constante ó baja, la cantidad de sangre que riega á un órgano depende exclusivamente del calibre de sus vasos.

Ahora bien: la dilatación de un vaso supone siempre vencimiento del tono de su pared por la presión hidráulica del líquido — ya que no existe ni puede existir una dilatación activa en el rigor de la palabra — y este vencimiento puede depender de tres causas:

1.^a De aumento absoluto de la presión de la sangre. — *Caso experimental:* Si en un conejo se liga la aorta abdominal, la presión aumenta en la torácica y en sus ramas.

2.^a De suspensión inhibitoria del tono de los vasos. — *Ejemplo experimental:* Si se secciona el nervio ciático de un gato y luego se excita el cabo central, se dilatan los vasos de la pata en el lado opuesto. Cuando la excitación obra sobre la cuerda del tambor, se dilatan los vasos de la lengua y de la glándula submaxilar.

3.^a De parálisis transitoria ó definitiva de los músculos vasculares. —

Ejemplo experimental: La sección del cordón simpático cervical ó arrancamiento del ganglio superior, produce una suspensión ó parálisis transitoria del tono de los vasos aurículo-faciales, y en consecuencia, una congestión vascular. No hay que decir que la excitación del simpático produce anemia en vez de congestión, porque aviva el tono, lejos de paralizarlo.

Estos hechos, vulgares en todos los libros de Fisiología, y que yo he comprobado muchas veces en este y otros cursos, prueban que, aparte de la presión de la sangre, existen dos clases de nervios con encontradas y opuestas influencias sobre el riego sanguíneo; los unos—*vaso-dilatadores*—inhiben ó suspenden el tono de los vasos; los otros — *vaso-constrictores* — mantienen el tono y estrechan los tubos vasculares.

Temperatura. — El calor de un órgano depende de su función, y en igualdad de circunstancias, de la cantidad de sangre que la riega. La relación de ambos factores es estrechísima, pues si la función es metabolismo, el riego sanguíneo proporciona los materiales que se han de transformar y arrastra los desechos de la combustión; de donde se deduce que la temperatura aumenta en los territorios congestionados y baja en los anémicos; ó, más claro: los nervios vaso-dilatadores son *caloríficos*, y los vaso-constrictores *frigoríficos*.

Pero no se han contentado los fisiólogos con los términos sencillos que se desprenden del anterior razonamiento, sino que se preocupan de otras funciones de los nervios relativas al calor animal. Desde luego, es un hecho que, en ausencia de toda circulación sanguínea, pueden subsistir por algún tiempo las funciones de ciertos órganos, la de los músculos, por ejemplo, y claro es que, si funcionan, producen calor. Excítase un músculo fresco de rana en el interior de un espacio limitado; el músculo se contrae y produce ácido carbónico: es evidente que si este gas se produjo, hubo combustión y desarrollo de calor. Desde este punto de vista pueden considerarse los músculos como máquinas térmicas poderosas, y los nervios motores como caloríficos, puesto que las hacen funcionar. Precisamente trabajos curiosísimos realizados por Richet¹ demuestran que las convul-

¹ Ch. Richet, «Frisson comme appareil de régulation thermique.»—*Archives de Physiologie*, núm. 2. París, 1893.

siones del escalofrío son un mecanismo térmico que emplean los animales para elevar su temperatura ¹.

También los nervios que activan las funciones de las glándulas serán caloríficos, en tanto que aumentan el metabolismo y las combustiones; y en general, todos los nervios que aguijonean las actividades de los órganos merecen el mismo título.

En cambio, los nervios inhibitorios que suspenden las funciones de los músculos y enfrenan su metabolismo serán frigoríficos; así, al menos, lo presuponen las experiencias de Morat sobre los nervios inhibitorios cardíacos ².

Nervios secretorios. — Los experimentadores han descubierto que hay nervios cuya excitación va seguida de un aumento extraordinario de la secreción de ciertas glándulas, con aumento del riego sanguíneo y elevación de temperatura en la misma localidad. Estos nervios, llamados secretorios, influyen directamente en el metabolismo de las células epiteliales, y sus efectos son independientes de la acción de las fibras vaso-dilatadoras, según se ha probado para la cuerda del tambor y la submaxilar; se prevé para el páncreas y las glándulas gastro-entericas, y falta demostrar en el hígado, riñón y mamas. Existen además otros nervios — también secretorios, puesto que activan la secreción — que producen estrechamiento vascular en vez de dilatación, como, v. gr., el simpático para las glándulas salivares.

En definitiva: hay fibras nerviosas que estimulan directamente las secreciones con independencia del riego sanguíneo y aun en plena anemia.

Nervios motores. — Son filetes centrifugos de las células de los ganglios y del eje que van á provocar las contracciones de

¹ El temblor y los escalofríos que presentan el hombre y los animales después de la cloroformización tienen por objeto elevar la temperatura que bajó á causa del freno que impone el cloroformo al metabolismo de los tejidos.

² Morat, «Y A t-il des nerfs frigorifiques?» — *Archives de Physiologie*, número 3, 1893.

las fibras musculares lisas y estriadas. Entrambos movimientos influyen en la digestión, absorción, respiración, circulación, calorificación, metabolismo y excreción. ¿Podrá negarse, en presencia de estos datos, cuya evidencia excusa demostración, la influencia trófica de estos nervios?

Nervios sensitivos. — Los nervios motores no se excitan á sí propios, sino que conducen á los músculos una energía que reciben de sus células de origen; pero estas células á su vez fueron excitadas por impulsos que vinieron del exterior y que transportaron los nervios sensitivos ó centripetos. En suma, el sistema nervioso es un mecanismo que multiplica y administra las energías cósmicas.

Por la piel, por las mucosas, por la retina, por el oído y por el olfato penetran torrentes de energía que el sistema nervioso administra y paga en forma de contracciones musculares; y como si este ingreso dinámico no fuera suficiente, aún se agregan dos nuevas partidas: una, como resultado de la excitación directa de los nervios por las sustancias que circulan en el espesor del organismo; y otra, la que produce el metabolismo de las propias células nerviosas (automatismo).

Mas no sólo prestan los nervios sensitivos cantidad de energía excitante, sino que suministran la dirección del movimiento, y así, por ejemplo, cuando un grano de arena hiere y molesta mi conjuntiva, esta injuria, no sólo me excita á moverme, sino que me indica dos clases de acciones, unas reflejas, lagrimeo y movimientos expulsivos reflejos, y otra voluntaria y consciente, en el parpadeo y el frotamiento con mis dedos para librarme del cuerpo extraño. Una región insensible es una frontera que se cierra entre el organismo y el medio, y una parte que queda indefensa á las injurias del exterior y del interior. No es posible, pues, una nutrición regular sin la intervención de los nervios sensitivos ¹.

¹ Tuve en observación un gato, á quien resequé el nervio ciático derecho en una extensión de un centímetro. La congestión, que se apreció desde el primer momento en los pulpejos de los dedos, era muy visible, y,

Nervios tróficos. — La sed de la ciencia no se apaga con hechos sueltos; por el contrario, éstos son como gotas de agua en fauces de hidrópico, que hacen aún más ardiente el apetito de beber. Por eso, de análisis en análisis, los fisiólogos no han parado hasta los nervios tróficos. Con este nombre se han supuesto unas fibras centrifugas, que irían á despertar directamente las apetencias moleculares de los elementos organizados y presidirían, en tal supuesto, á su nutrición y crecimiento. La constancia de los experimentadores en perseguir semejantes fibras nerviosas corre parejas con el mal éxito de sus trabajos.

Numerosos hechos han salido á luz con estas investigaciones, y entre ellos citaremos los que por clásicos se citan en casi todos los libros:

«Atrofia del testículo por sección de los nervios espermáticos.» (Nelaton y Obolensky.)

«Alteraciones de textura en el miocardio y en el hígado, á consecuencia de irritación de los nervios vagos.» (Arthaud y Bulte.)

«Edema de los miembros por sección de todo el plexo nervioso correspondiente.» (Longet.)

«Caída de pelo de la oreja por sección del segundo nervio cervical en gatos y conejos.» (Joseph.) El mismo fenómeno he observado yo en un conejo á quien arranqué el ganglio cervical superior.

«La sección del simpático en el cuello acelera la cicatrización de las heridas de la oreja correspondiente (Brown-Sequard); aviva la evolución de la erisipela inoculada intencionalmente (Paoli); crecen los pelos y se hipertrofia el pabellón auricular.» (Bidder, Stricker y Morpurgo.)

«La excitación química y prolongada del ciático en el perro ocasiona la hipertrofia de la pierna y del pié, y dispone á los aneurismas de los vasos de la región.» (Lewaschew.)

«La sección del trigémino en el interior del cráneo además de la anestesia de la cara, produce inflamación y ulceraciones de la córnea, de la

lejos de disminuir, aumentó cuando le refresqué la herida y excité el cabo periférico del nervio. Además de estos fenómenos vasculares presupuestos por Goltz, la pierna derecha se ofrecía disforme, sin pelo en algunos sitios y ulcerada en otros; todo declarando la miseria de una parte indefensa.

mucosa nasal y de las encías. El tic doloroso inyecta las conjuntivas, causa lagrimeo, sialorrea y catarro nasal.» (Herbert Mago, Magendie y Longet.)

«La sección de las fibras internas del trigémino, al abocar al ganglio de Gasser, determina los efectos tróficos oculares, inflamación, ulceraciones, etc., sin producir anestesia.» (Meinner, Buttner y Schiff.) Cohnheim contradice este resultado.

«La sección de los pneumogástricos en el cuello determina congestión, hemorragia, inflamación y hasta gangrena en la mucosa respiratoria, y graves alteraciones en el hígado y en el corazón.» Yo he visto morir asfixiado por una hipersecreción bronquial, á un operado de un tumor del cuello, á causa de las injurias que sufrió el vago en la operación, pues he de advertir que el fibroma (me parece que fibroma era) englobaba el estuche vásculo-nervioso. También se murió un perro en el laboratorio á consecuencia de la sección del nervio vago izquierdo. La mucosa laringo-traqueal estaba congestionada y con manchas hemorrágicas, y el pulmón presentaba los signos de una viva inflamación.

Por la copia de datos que precede podrá juzgar el lector de las lesiones tróficas que se producen siempre que se excita más de lo debido ó se secciona un nervio, cualquiera que sea su categoría, sensitivos, motores, mixtos, cerebro-espinales y simpáticos. Si es descontentadizo, no tiene más que ir al laboratorio y á la Clínica y aseverarse por experiencia propia, cómo alteran la nutrición las lesiones de los nervios crural y ciático en los animales, y las enfermedades de la médula en el hombre. Es verdad que en cada caso se explica de una manera; y así, cuando la parálisis es motora, se achaca á la inactividad de los músculos; cuando sensitiva, se atribuye á falta de protección de la parte que resta insensible é indefensa á las influencias exteriores (caso del trigémino, cuyas lesiones se han evitado, protegiendo la región); y, en fin, si se trata del simpático, por aumento de temperatura ¹ ó de riego sanguíneo. Pero, aparte explicaciones, resulta, como no podía menos, que todos los nervios son tróficos, por cuanto influyen en la nutrición, y que las fibras especiales tróficas, ni hacen falta, ni se han podido demostrar.

Mecanismo nervioso de la nutrición.—Tomando por tipo de estas consideraciones á los animales superiores, encontra-

¹ El Dr. Penzo ha demostrado la influencia del calor sobre la nutrición y reparación de los tejidos.

mos una razón de necesidad para la existencia del sistema nervioso en la mayor solidaridad de las funciones. Un hombre, por ejemplo, no tiene más fronteras de cambio con el medio cósmico que la piel y las mucosas, y, sin embargo, se ha de nutrir por todo su espesor; sólo posee cinco sentidos por donde impresionarse del mundo exterior, los cuales están repartidos y diseminados por el cuerpo; ha de ejecutar acciones complejas y variadísimas, parciales y ordenadas, generales y concertadas; y todo ello reclama un gobierno nervioso, receptor común de las impresiones cósmicas y distribuidor y ordenador del movimiento. Pero como el medio cósmico penetra en el espesor del organismo con los humores, y el individuo, no sólo siente cuanto le rodea, sino también cuanto le penetra, y se siente á sí mismo, es de rigor que paralelamente á las impresiones externas haya otras internas, conscientes ó no, que proceden de todos los órganos y tejidos de la economía. Un ejemplo de impresión interna inconsciente es la acción excitante del O y del CO² sobre el mecanismo respiratorio de la médula oblongada; y otro de impresión interna consciente, la sensación de cansancio que experimentamos por la fatiga de los músculos.

Los conductores centrípetos se encargan de llevar á los centros los impulsos nerviosos que se originan en estas impresiones; pero es de advertir que, tanto la impresión sensorial como la conducción y la recepción central, son fenómenos que se cumplen á expensas de la nutrición de las células sensoriales, conductores y células nerviosas; y lo mismo digo de los músculos, que son el término del arco reflejo. También he de llamar la atención sobre el modo de administrarse los impulsos nerviosos llegados por los nervios centrípetos; estos impulsos no ganan el cerebro de un tirón; por el contrario, hacen su camino por jornadas de ganglio á ganglio, y durante su tránsito intraganglionar van derivando corrientes colaterales, que luego se tornan en reflejas por tránsito á una célula motora. De esta suerte, las impresiones y los

impulsos nerviosos alcancen ó no al cerebro, van determinando una serie de reflejos vasculares, secretorios, caloríficos, contráctiles, ó si se quiere tróficos, y acaban por último su viaje en una célula nerviosa que con ellos se carga de energía, para pagarla al contado ó á plazos en forma de movimiento. Así todas las células, por recónditas que se encuentren, sufren las impresiones cósmicas y se modifican por ellas.

Conclusiones. — 1.^a El proceso de la nutrición, que esencialmente considerado es el de la vida, se cumple mediante el comercio con el medio cósmico.

2.^a Este comercio exige de la parte actora, organismo, las dos capitales formas de su función, impresionabilidad y movimientos.

3.^a En los animales, el sistema nervioso administra en forma de movimiento (contracción ó metabolismo) las energías que recibe de los excitantes (impresión).

4.^a Los nervios centrífugos van á influir el metabolismo de las células en sus diversos aspectos, motor, secretorio, vascular y calorífico.

5.^a Al lado de las fibras centrífugas que agujijonean el metabolismo de las células, existen otras que inducen una suspensión en el dicho metabolismo; pero unas y otras, excitadoras ó inhibitorias, influyen directamente en la nutrición y pueden considerarse como tróficas.

6.^a También son tróficos los nervios sensitivos á título de primeros factores del arco reflejo.

7.^a No se han demostrado fibras exclusivamente tróficas.

Lección LV.

Funciones de relación.

(Sistema nervioso en general.)

Sumario: Funciones de relación. — Constitución del sistema nervioso. — Funciones del sistema nervioso. — Arco reflejo. — Factores del arco reflejo. — Impulsos nerviosos. — Inhibición. — Caracteres de los actos inhibitorios. — Centros inhibitorios. — Teoría de la inhibición. — Juicio crítico.

Funciones de relación.—Mediante ellas, el hombre conoce de sí mismo y de cuanto le rodea, para obrar en consecuencia. Al servicio de este orden de funciones se encuentra el sistema nervioso.

Gracias á la conciencia, el hombre se conoce como sujeto, y por los sentidos externos se conoce objetivamente. Á la vez, el sistema nervioso se encarga de relacionar entre sí las diversas partes, con ó sin intervención de la conciencia, y los músculos voluntarios é involuntarios cumplen las acciones congruentes á los fines de la vida. De todo ello resulta esa admirable unidad funcional que muestra en grado eminente la economía humana.

Constitución del sistema nervioso. — Está destinado en el hombre y en los animales al cumplimiento de las funciones de relación en su triple aspecto de *impresión, reacción y automatismo*. Si los animales fueran capaces de sentir y no de moverse, su vida sería un trasunto de la fábula de Prometeo encadenado;

si de moverse y no sentir, sus acciones serían desatinadas é incongruentes; si, en fin, no se determinasen á obrar más que por las impresiones actuales ó presentes, más que individuos autónomos serían maniquís, tan deleznales y monótonos como los que ofrece la industria para entretener á los niños.

Á estos tres aspectos funcionales responde la constitución anatómica del sistema nervioso, y, en consecuencia, puede reducirse también á tres partes principales su complicadísima estructura:

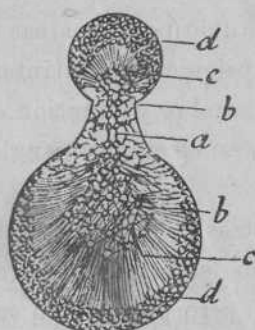


Figura 61.

Esquema fundamental del sistema nervioso según Letamendi¹.

- 1.^a Un área somato-cósmica, para la impresión y el movimiento.
- 2.^a Un área intermedia ó ganglionar, para el cumplimiento de las acciones reflejas.
- 3.^a Una área somato-psíquica, que vale de instrumento para las funciones superiores ó psíquicas.

Uniendo estas tres áreas, se encuentran sendos conductores, que se distinguen, por su situación y dirección, en *centrípetos*, *centrífugos* y *comisurantes*. Los primeros conducen los impulsos desde el área sensorial á los ganglios, y de éstos al área somato-psíquica; los segundos, desde la

¹ *dd*, corteza cerebral (área somato-psíquica) y área rarefacta (somato-cósmica); — *cc*, conductores entre las dos áreas y la substancia gris ganglionar, — *bb*, ganglios; — *a*, punto de conjunción para los dos polos del sistema.

última á los ganglios y de éstos á los músculos, y los terceros, concurren con las prolongaciones protoplasmáticas de los elementos nerviosos, á establecer comunicaciones entre éstos en las tres áreas, especialmente en la ganglionar y somato-psíquica, porque la dispersión é individuación de los aparatos sensoriales y musculares hacen inútiles en ellos las relaciones comisurantes.

Todos los beneficios de la explicación que precede, incluso el esquema, débelos el lector al genio de Letamendi, que trata este tema con la altura y profundidad peculiares á su talento y experiencia anatómica ¹.

Considerado el sistema nervioso en la forma que dejo expuesta, resulta constituido por dos areas terminales, la somato-cósmica y la somato-psíquica, y una intermedia, la ganglionar: esta última, como su nombre y situación declaran, no puede ser centro del sistema; y, en efecto, los ganglios no lo son sino para las acciones reflejas.

En cuanto á las otras dos, la somato-cósmica es el principio del sistema por el lado del mundo objetivo, y la somato-psíquica el principio también, pero por el lado subjetivo ó anímico. En suma, el sistema nervioso, como cable conductor tendido entre dos mundos, no tiene centro, sino que es la representación dinámica de la unidad del individuo.

Funciones del sistema nervioso. — Tres órdenes de funciones le competen: 1.^a *La refleja*, en cuyo desempeño el sistema aparece como transformador de la energía de los excitantes cósmicos en movimiento ó contracción muscular. 2.^a *La automática*, que consiste en la producción de impulsos nerviosos por el metabolismo del protoplasma de las células de los ganglios. 3.^a *La cerebral*, ó sea el servicio que presta el sistema como instrumento del alma.

Arco reflejo. — Como su nombre indica, se engendra por la

¹ Letamendi: *Concepto del encéfalo*. (*Patología general*, t. II, pág. 617 y siguientes.)

conversión en centrífuga de una corriente nerviosa centripeta. El órgano en donde se verifica la conversión es siempre un ganglio; y las corrientes centrífugas, tanto pueden provocar la contracción de un músculo como suspenderla; en el primer caso, el reflejo es excito-motor; en el segundo, inhibitorio. Estudiaremos sucesivamente una y otra clase de fenómenos.

La corriente centripeta se origina por la transformación de la energía de los excitantes (calor, luz, acciones químicas, eléctricas, movimientos, etc.) en impulsos nerviosos, y requiere: un aparato somato-cósmico, que sirve de transformador, y un conductor aferente, que, á partir de una célula sensorial, se termina en las células sensitivas de los ganglios.

Valgan de ejemplos de aparato-somato-cósmico los conos y bastones de la retina, que transforman en impulsos nerviosos las vibraciones lumínicas; y de conductores aferentes, las fibras del nervio óptico, que son cilindros-ejes de las células nerviosas de la misma retina ¹.

La corriente centrífuga arranca de la célula motora ganglionar, y se transmite por su cilindro-eje (nervio motor) al músculo en donde se termina. El músculo es al nervio motor, fisiológicamente considerado, lo que las células sensoriales al sensitivo, sólo que el trabajo es inverso, porque éstas *importan* energía, transformando la cósmica en impulso nervioso. y los músculos la *exportan*, convirtiendo la contenida en su propia substancia en movimiento, que se difunde en el medio.

El ganglio que transforma en centrífugas las corrientes centripetas se reduce en su más simple expresión á dos células nerviosas: una ligada estrechamente con los conductores centripetos, que designaré *aferente* ², y otra que merece el título de motora, por servir de punto de partida á los impulsos centrífugos. Ambas células se comunican entre sí por contacto de sus prolongaciones protoplasmáticas, como ha demostrado Cajal ³, y en esta comunicación está el *quid* del reflejo; pues en cuanto la corriente

1 En el ejemplo de la retina, las fibras centripetas arrancan de las células ganglionares de la misma membrana; pero éstas se relacionan mediadamente con las sensoriales (conos y bastones).

2 Como la sensibilidad supone un fenómeno de conciencia, no me determino á seguir á los autores, llamando sensitivas á las células nerviosas de los ganglios infracerebrales, y por esta razón las nombro *aferentes*.

3 S. Ramón y Cajal, *Trabajos del Laboratorio anatómico de la Facultad de Medicina*. — Barcelona, 1890.

centrípeta rebasa los límites de la célula aferente y llega á la motora, la reflexión es un hecho.

El esquema de la figura 62 da completa idea de un arco reflejo en su mayor simplicidad, y conocido su mecanismo puede concebirse la función refleja de un ganglio, pues no cambia lo fundamental del fenómeno porque se aumente el número de células y se compliquen las relaciones de los conductores.

Examinando el esquema, puede notarse, y es digna de cuenta, la circunstancia de haber *cundo menos* dos comunicaciones mediatas entre los diversos factores del arco reflejo; la primera, entre el pincel terminal del conductor centrípeto y las prolongaciones protoplasmáticas de la célula ganglionar aferente; y la segunda, entre las prolongaciones protoplasmáticas de ésta y las de la célula motora. Una tercera comunicación mediatas parece muy probable, á juzgar por los citados trabajos de Cajal, entre el nervio motor y la placa ó plexo del músculo.

Factores del arco reflejo. — El arco reflejo consta de cinco factores, y á cada uno corresponde su papel fisiológico, á saber: 1.º Aparato sensorial, para transformar la energía del excitante en impulso nervioso centrípeto, *impresión*. 2.º Conductor aferente que transmite los impulsos centrípetos al ganglio, *conducción centrípeta ó sensitiva*. 3.º Ganglio que recibe la corriente y la deriva hacia los nervios motores, *recepción y reflejo*. 4.º Conductores eferentes ó centrifugos que llevan la incitación motora á los músculos, *conducción motora*. Y 5.º Músculos que se contraen por excitación de los nervios motores y convierten su trabajo intransitivo (fuerzas de tensión) en movimiento, *contracción* ¹.

De los cinco actos fisiológicos, sólo dos son procesales, el primero y el último; los demás son accidentales, y pueden existir particularizados ó confundidos, simples ó complicados. En los animales anervinos se reconoce impresión y movimiento; pero el protoplasma absorbe las funciones

1 Los nervios motores son á los músculos lo que el fulminante á las armas explosivas, es decir, que la incitación motora actúa como fuerza de desprendimiento cerca de la substancia muscular. Los físicos llaman fuerzas de desprendimiento, las que ponen en libertad á las de tensión.

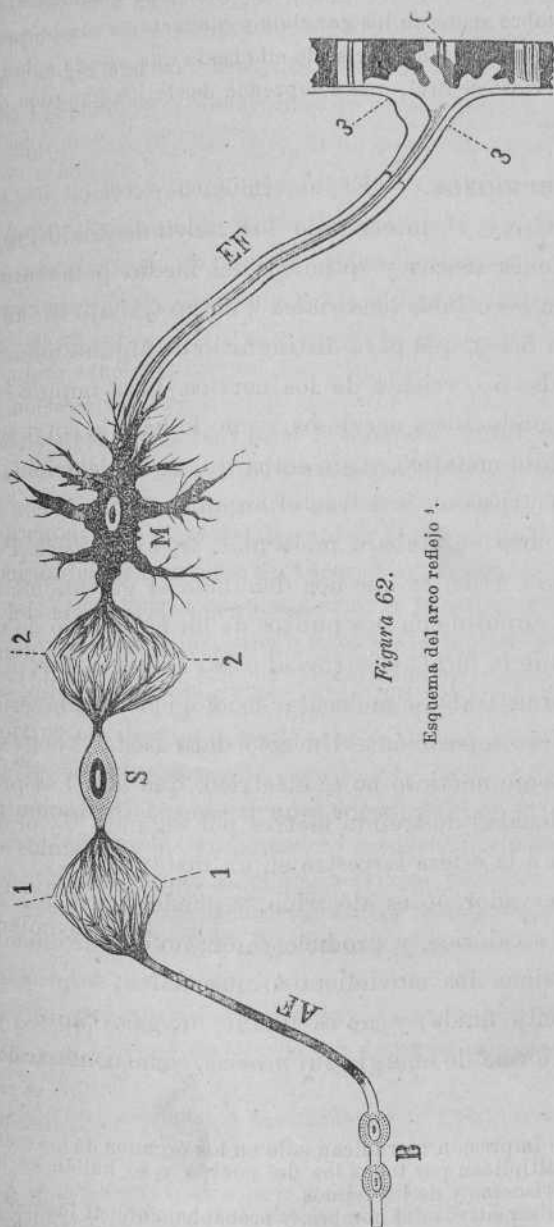


Figura 62.

Esquema del arco reflejo ¹.

1 B, célula á bastón, ó sea aparato sensorial. AF, conductor eferente ó sensitivo; S, célula ganglionar sensitiva; M, célula ganglionar motora; EF, conductor eferente ó nervio motor; C, fibra muscular, ó valga por aparato contráctil. Nótese en 1, 1 cómo se relacionan mediatemente, por las arborizaciones terminales, el cilindro-eje centrípeto y la célula sensitiva; en 2, 2 las mismas relaciones por contacto entre las prolongaciones protoplasmáticas de la célula sensitiva y la motora; y en 3, 3 la terminación del nervio eferente en el músculo.

de las células sensoriales, de los nervios, del ganglio y de los músculos. En cambio en el hombre aparecen los ganglios y conductores complicados hasta lo inverosímil, y para convencerse de ello basta una ojeada sobre el llamado sistema nervioso central, que comprende desde los ganglios del simpático al cerebro.

Impulsos nerviosos. — El movimiento exterior de los excitantes cósmicos y el interior de los movimientos orgánicos, más las acciones físicas y químicas del medio penetrante, se transforman en las células sensoriales ¹, en un trabajo sin análogo en el mundo físico, que para distinguirlo de alguna manera llamaremos impulso ó corriente de los nervios. Este impulso se propaga por los conductores nerviosos, como lo hace la corriente eléctrica por un hilo metálico, y, sin embargo, no es electricidad. Las corrientes eléctricas no penetran el organismo sino á condición de transformarse en trabajo molecular, *trófico* ó *lísico*. Por análoga razón, las corrientes que nos denuncia el galvanómetro cuando cerramos circuito con dos puntos de un músculo ó de un nervio, han tomado la forma eléctrica al pasar al conductor; pero en su origen fueron trabajo molecular fisiológico ó cadáverico (corrientes por descomposición). Un solo dato basta á convencernos que el trabajo nervioso no es eléctrico: que aquél se propaga con una velocidad de treinta metros por segundo ², y el último da la vuelta á la esfera terrestre en un instante.

El impulso inervador no es eléctrico, y puede ser fuente de electricidad; no es calórico, y produce calor; no es movimiento traslativo, y ocasiona los movimientos musculares; se propaga como una corriente fluida, y no es líquido ni gas. Tanto vale decir que es una forma de energía *sui generis*, como confesar que

1 Las células de impresión no radican sólo en los órganos de los sentidos, sino que se multiplican por todos los del cuerpo y se hallan en las intimidades de las vísceras y de los tejidos.

2 En los nervios sensitivos del hombre, y probablemente en los motores, la velocidad de la conducción oscila de treinta á noventa metros por segundo, según las diversas circunstancias.

la desconocemos por carecer de equivalente en el orden físico. Después de todo, podemos consolarnos de esta nuestra ignorancia; pues si gracias á los sentidos podemos distinguir el calor de la luz, aún ignoramos la naturaleza de estos agentes.

Empero es el caso que, si no comparo el impulso nervioso á alguna de las formas conocidas de energía, no podré explicar, ni el lector comprender, lo mucho que tengo que decir sobre influencia nerviosa en el curso de estas lecciones, y, en su virtud, me tomo permiso para seguir hablando de corrientes, de resistencias, de desprendimientos, etc., como si se tratase de aparatos eléctricos.

En el arco reflejo, tal y como lo acabo de explicar, sólo hay transmisiones y cambios de forma en las energías. El mismo impulso inicial (impresión) es á la postre el que aparece devuelto en forma de contracción muscular refleja; es como si se tratase en la industria, v. gr., de convertir el calor en fuerza de tensión del vapor de agua, ésta en movimiento, el movimiento en eléctrico por una dinamo, y la corriente eléctrica, conducida por los cables, en luz, calor ó tracción. Si en una fábrica de alumbrado eléctrico hiciéramos balance entre el calor del combustible y el producto recolectado en forma de luz, seguramente encontraríamos un *déficit* ó pérdida, por el calor difundido, los rozamientos, resistencias, extracorrientes, etc.

Lo propio debiera ocurrir en el organismo si no atendiéramos más que á sus aptitudes de transformador y conductor; pero es el caso que los tejidos, y singularmente las células nerviosas, producen energías á costa de su propia substancia, y, como si esto no fuera bastante, la inestabilidad de su estructura da de través con todos los cálculos que, á partir de la intensidad del excitante, fundáramos sobre la intensidad y extensión de los movimientos reflejos. En su virtud, no hay equipolencia¹ entre el estímulo y el reflejo, y éste puede ser proporcionado, menor ó excesivo respecto de aquél.

Porque el movimiento sea menor de lo que corresponde, ó porque los

¹ *Equipolencia* quiere decir igualdad en el poder ó fuerza efectiva, y no debe confundirse con *equivalencia*, que significa igualdad de valor. Así lo declara Letamendi tratando de análoga cuestión. Véase su *Patología general*, tomo II, pág. 756.

músculos permanezcan en reposo, no hemos de suponer que la energía del excitante se ha perdido, sino que se ha transformado en trabajo intransitivo de la célula ganglionar, una parte ó el todo de su valor. Mas en la célula queda como tensión, es decir, como agrupación molecular, con sus ulteriores derivados funcionales.

Cuando el producto vale más que la impresión, es indudable que la energía transformada del estímulo se aumenta con la producida por la célula nerviosa.

¿Qué sucede en los ganglios para que unas veces anulen las corrientes que reciben y otras las multipliquen?

Si se tratase de explicar sólo la pérdida de la corriente centripeta, podríamos suponer que la energía liberada por la impresión era *absorbida* por las resistencias que oponen las células nerviosas á su paso, ni más ni menos que ocurre con las resistencias de un conductor y la fuerza electro-motriz; y persiguiendo este supuesto, deduciríamos que la resistencia era proporcional á la estructura íntima de las células en el momento que las solicita la corriente (calidad del conductor), y al número de ellas que tuviera que franquear el impulso centripeto para tornarse centrífugo (longitud del hilo). Así parece confirmarlo la experiencia; y en lo que se refiere á la rana, me he convencido que, á igualdad de excitante, los movimientos reflejos son proporcionados á la extensión del eje encéfalo-raquídeo, por donde puedan difundirse los impulsos nacidos en la impresión, y, por tanto, son más intensos y generalizados en una rana decapitada que en otra íntegra; y aun en la primera, podemos aumentar los reflejos medulares aislando, por secciones, diversos trozos de médula ¹.

Mas de igual suerte que la energía del estímulo puede anularse por difusión en un mar de células ganglionares, se aumenta y crece como ola cuando se le unen las que dichas células ponen en libertad.

En casos tales, es tan desproporcionada la intensidad del excitante y la de los movimientos reflejos, que no parece sino que la corriente centripeta obró como fuerza de desprendimiento sobre los ganglios, ó sea como la chispa que incendia el polvorín. Las células ganglionares, en efecto, pueden estar cargadas de tensión por excitaciones anteriores que no dieron resultado inmediato, ó en equilibrio inestable, á causa de una perversión nutritiva; mas en ambos supuestos, el estímulo es la gota que derrama el vaso lleno, y los reflejos se derraman por todos los músculos del cuerpo.

¹ Esta experiencia la he aprendido de Schiff, que la practicó en la langartija. — Schiff: *Lerbuch der Physiologie*.

Sirva de ejemplo la intoxicación por la estricnina, veneno que irrita todo el sistema aferente y carga las células de los ganglios medulares a esta situación, basta tocar al intoxicado para que se desate en convulsiones generales.

Otras veces las células de los ganglios pueden estar en el disparadero, y hasta dispararse en corrientes motoras, á causa de excitaciones que reciben de los centros superiores, el cerebro, por ejemplo; y no hay que decir que los reflejos se aumentarán cuando concurren sobre un ganglio dos impulsos, uno que viene del bastón y otro que descende del cerebro.

Pero ocurre con frecuencia que no convienen en su dirección ni en su ritmo los impulsos que vienen por los nervios aferentes y los que descenden de los ganglios superiores, y en este caso, lejos de sumarse, se interfieren, dando lugar á la inhibición.

Inhibición. — Los fisiólogos han dado este nombre al veto prohibitivo impuesto á los movimientos automáticos y reflejos que estaban para verificarse. La inhibición se ejerce siempre por un ganglio jerárquicamente superior á aquel en donde los movimientos se cumplen, y tiene lugar mediante impulsos eferentes que nacen en el ganglio inhibitorio y van á suspender la actividad del inhibido. Fisiológicamente considerada, la inhibición consiste en una pausa impuesta al reposo de los órganos, ó sea una prolongación del diástole para los aparatos musculares; mecánicamente, la podemos concebir como un aumento del estatismo de la molécula organizada, porque, en efecto, la actividad metabólica se suspende, con mengua del trabajo funcional, en todos los órdenes (contracción, calor animal y reacciones químicas).

Caracteres de los actos inhibitorios. — La inhibición, para merecer su título, es preciso que convenga con las tres condiciones que, según Morat ¹, distinguen los nervios vaso-dilatadores ², á saber: 1.^a, que se ejerza por excitación de un nervio

¹ J. P. Morat: *Archives de Physiologie*, Octubre, 1892.

² Los nervios vaso-dilatadores son inhibitorios. (Véase la lección XXVIII.)

centrífugo, es decir, que sea un fenómeno activo; 2.^a, que sea efecto primitivo, y no parálisis por agotamiento; y 3.^a, que se verifique por acción directa de un centro inhibitorio, bien por estímulos que hieran directamente dicho centro, ó por recepción de impulsos aferentes que en él se reflejen (reflejos inhibitorios) ¹.

Estas condiciones hacen factible la distinción entre los fenómenos inhibitorios y otros que también tienen poder suspensivo sobre ciertos movimientos, pero que pueden explicarse más sencillamente, como vamos á ver.

El ejemplo más vulgar que me ocurre es la suspensión de un movimiento reflejo á causa de nueva excitación que, por su intensidad, arrastra á los centros nerviosos en pos de su resultante. Cuando se goza de completo bienestar y la atención no es solicitada por las funciones vegetativas — que van cumpliéndose en el incógnito más riguroso — un leve disturbio, la injuria más liviana nos induce y arrastra á movimientos reflejos. Ya es la ofensa de un parásito, ya el cansancio de las partes que han permanecido algún tiempo sin cambiar de postura, ora las pequeñas excitaciones que causan las secreciones de la piel, etc., etc.; cualquiera de estas causas, por poco que valga, nos mueve á acciones reflejas, sin que, por otra parte, alcancen á despertarnos si dormimos, ni á suspender la atención del espíritu si estamos arrobados por una lectura interesante. En cambio, impresiones mucho más intensas y molestas pueden no dar resultado alguno, cuando coinciden con otras que solicitan fuertemente nuestra atención por su intensidad ó pesadumbre. Es sabido: un dolor mayor anula á otro menor, como la potencia luminosa del astro del día hace invisible la luz de las estrellas. Arquímedes fué sorprendido por los soldados, sin que fueran parte á advertirle del riesgo que corría, ni el fragor de la lucha, ni los gritos de los vencedores.

En estos ejemplos se trata de impulsos poderosos que anulan y suspenden á otros de menor intensidad; mas se da el hecho que, sin intervención de nuevos estímulos aferentes, los reflejos se suspendan por mandato voluntario ó inconsciente, pero siempre activo, de otros centros jerárquicamente más elevados; y hénos ya en los análisis de los fenómenos inhibitorios.

1 En la última condición me separo de Morat, porque él trata de nervios inhibitorios en particular, y yo del fenómeno completo.

Centros inhibitorios. — Comencemos por el cerebro, el primer centro de inhibición. Muchos siglos antes que Setschenow demostrase la acción inhibitoria de los lóbulos ópticos de la rana sobre los reflejos medulares, tenía la humanidad acusada cuenta en la historia del poder suspensivo que ejerce la voluntad sobre los movimientos involuntarios. Sin acudir á los motivos heroicos que llevaron la voluntad de Mucio Scévola á reprimir las contorsiones y reflejos que debía provocarle el horrible dolor de la mano que se le abrasaba, ¿quién no tiene experiencia de cómo se suspenden las convulsiones que producen las cosquillas cuando la víctima se enfada é impone la seriedad; ó quién no ha reprimido voluntariamente la tos, á pesar del cosquilleo de la garganta que invita á toser; ó cuál es el que no ha dominado los reflejos que avisan la necesidad de defecar, ó ha interrumpido voluntariamente la emisión de la orina?

En todos los ejemplos citados, la voluntad se impone á los reflejos medulares, enviando una corriente centrífuga inhibitoria; y, es claro, para que la orden se dé, precisa que á las oficinas cerebrales haya llegado la noticia de la acción refleja; porque ignorándola, ¿á qué hora vamos á inhibir voluntariamente los movimientos del conducto colédoco cuando vierte la bilis en el intestino, ó los del uréter en el curso de la orina? Basta, sin embargo, que estos oscuros é ignorados movimientos se hagan patentes á la conciencia por su exageración pática, para que la voluntad influya sobre ellos y logre suspenderlos ó alentarlos, para acabar con la causa del mal. Así ocurrió á un General español — me parece que fué Espartero — cuando se impuso con un sublime esfuerzo de voluntad al dolor que le ocasionaba un cólico nefrítico en la hora de la batalla, y cierto que triunfó de él como de los enemigos.

De igual modo que la voluntad, como iniciativa más poderosa en los humanos, impone su veto á todos los movimientos reflejos, los ganglios de la base del cerebro, y el bulbo, como delegado inmediato de estos ganglios, ejercen de inhibitorios respecto á la médula y de los centrales y viscerales del simpático.

En estas inhibiciones, que pudiéramos llamar de segundo orden, es donde la experimentación se ha empleado con éxito. Primero, los hermanos Weber demostrando la acción inhibitoria del bulbo sobre el corazón (1835); luego, Setschenow enseñando el poder suspensivo que gozaban los lóbulos ópticos cerca de los reflejos medulares (1863); más tarde, Cl. Bernard con sus experimentos sobre los nervios vaso-dilatadores (que también son inhibitorios); y últimamente, Dastre y Morat, comanditarios

en las investigaciones sobre la invasión de los vasos, y autor exclusivo el último de las que se refieren á los nervios inhibitorios y frigoríficos ¹.

Teoría de la inhibición. — Aún no ha salido del período conjetural. La hipótesis más autorizada hasta estos últimos años era la de la interferencia, fundada por analogía de los fenómenos físicos del mismo nombre, é ingeniosísimamente aderezada con hechos experimentales por el Dr. Lauder Brunton ²; mas después que los progresos de la Histología han demostrado que las diversas secciones del aparato nervioso jamás se continúan, sino que se relacionan por contacto, la teoría de la interferencia no puede aceptarse ni como puente provisional sobre esta laguna de nuestros conocimientos.

Más lógico parece que, comunicándose por contacto las prolongaciones de las células nerviosas y las colaterales y terminales de los conductores, se influyan por inducción; y se robustece esta sospecha si se ahonda en el fenómeno hasta descubrir, como lo ha hecho Morat, que la inducción se extiende al protoplasma de los tejidos, enfrenando su metabolismo, á punto de impedir la producción de calor. Apoyándome en estos hechos, propongo la teoría de la inducción para sustituir á la interferencia, y ahora el lector juzgará de una y otra con arreglo á los datos que sumariamente paso á exponer.

Partiendo de las leyes que nos enseña la Física sobre la interferencia de los movimientos vibratorios, unos impulsos nerviosos inhibirán á otros, cuando coincidan de modo que la semionda positiva caiga sobre la negativa, ó viceversa. En tal supuesto, la interferencia nerviosa podría tener lugar á lo largo de los conductores, cualquiera que ellos fueren, y unos mismos impulsos serían excito-motores ó inhibitorios, según que coincidieran ó no, y, en el último caso, según la forma de coincidir. Más claro: la inhibición dependería de la carrera de los impulsos, y no de los ganglios inhibitorios ó inhibidos; y, extremado el supuesto, podríamos, in-

1 J. P. Morat: *Archives de Physiologie*, Abril y Julio de 1893.

2 *Nature of inhibition: Nature*, 1883.

tencionalmente, trocar la suerte de aquellos impulsos, sin más que acelerar ó retardar la transmisión.

La interferencia tiene en contra los hechos siguientes: 1.º, que la inhibición jamás se realiza sin el intermedio de una célula ganglionar, circunstancia que holgaría si se tratase de la interferencia; 2.º, que los conductores conservan su individualidad desde que nacen, como cilindros-ejes, hasta que se terminan, y, por tanto, su papel depende del elemento de origen y de los aparatos adonde van á terminarse. Así, por ejemplo, una fibra del nervio óptico es centrípeta por ser cilindro-eje de una célula ganglionar de la retina y terminarse en contacto de las células aferentes de los lóbulos ópticos; 3.º, los nervios inhibitorios lo son siempre, cualquiera que sea la intensidad y ritmo del excitante y el estado del conductor. Cuantas veces estimulemos las fibras inhibitorias del nervio vago ó las del timpánico, otras tantas se suspenderá el ritmo del corazón ó el tono de los vasos de la lengua, y esto, cualquiera que sea el excitante y la temperatura que rodee dichos nervios ¹; y 4.º, la inhibición puede verificarse por vía refleja, y directamente por estímulo de los ganglios inhibitorios.

La teoría inductiva tiene en su favor: 1.º, la manera de relacionarse los diversos elementos nerviosos, que recuerdan la forma de inducción eléctrica; 2.º, lo generalizados que son los fenómenos inductivos en la economía (por inducción obran los fermentos); 3.º, porque la inhibición rebasa los límites geográficos del sistema nervioso y trasciende al metabolismo del protoplasma muscular, como ha demostrado Morat en el corazón, por estímulos sobre el pneumogástrico; 4.º, porque la inducción que se ejercita entre los humanos, y entre el hombre y los animales, bajo la forma hipnótica ó fascinadora ², parece análoga á la inhibición nerviosa; y 5.º, explica todos los hechos que se oponen á la interferencia.

1 El calor y el frío aceleran y retardan, respectivamente, la conducción nerviosa.

2 Véase *Teoría de la acción de los fermentos*, pág. 102.

Lección LVI.

Funciones sensoriales.

Sumario: Funciones del área somato-cósmica. — Sentidos externos. — Sensibilidad general. — Diferenciación de las sensaciones. — Energía específica de los nervios. — Sentido del tacto. — Definición de lugar. — Idem de presión. — Idem de temperatura.

Funciones del área somato-cósmica. — Esta área, compuesta por elementos histológicos especiales, tiene por misión transformar la energía de los excitantes en impulsos nerviosos, y éstos en movimientos (contracción muscular). En el primer supuesto, pudieran compararse las células sensoriales á teléfonos y aparatos termo, foto y mecano-eléctricos, por cuanto convierten las vibraciones acústicas (oído), las luminosas (retina), las calóricas (papilas del dermis), etc., en trabajo nervioso; y en el segundo, los nervios motores, con sus placas, á disparadores que inducen la contracción de los tubos musculares.

El área somato-cósmica se esparce por las fronteras del organismo (piel y mucosas con sus anejos) y por todo su espesor, y lo mismo entra en función por los excitantes externos que por los internos (cosmos ó mundo penetrante). Á esta área corresponden los conos y bastones de la retina, los corpúsculos táctiles y térmicos de la piel, las células bipolares de la mucosa de Schneider, las acústicas, los tubos musculares, etc.

El área somato-cósmica se compone de dos clases de órganos: unos al servicio de la sensibilidad, que transforman la energía de

los excitantes en impulsos nerviosos centripetos, y otros que, á la inversa, transforman los impulsos nerviosos centrífugos en contracción muscular: los primeros reciben el nombre de sensoriales y tienen por representantes histológicos unas células especiales, llamadas *de baston*; los segundos son los músculos.

Estudiaremos sucesivamente los aparatos sensoriales, los conductores ó nervios y los músculos.

Sentidos externos. — Añado este calificativo para distinguirlos del sentido íntimo ó conciencia, que recibe el título de interno. Los sentidos externos son unos aparatos de impresión al servicio del alma, por donde ésta se relaciona con el cuerpo y con cuanto nos rodea.

Los sentidos son cinco, comprendiendo en el del tacto la sensibilidad general; y no he de discutir si este número debe ampliarse, pues, como decía el ilustre Balmes, no conocemos imposibilidad intrínseca que vede la existencia de un sexto sentido en otros seres de organización distinta á la nuestra¹; sólo que, acerca de las impresiones que pudiera suministrarnos, somos tan incapaces de juzgar cuanto lo es un ciego de nacimiento para juzgar de los colores. Tampoco quiero criticar la admisión de dos nuevos sentidos: *el del espacio*, originado en las impresiones del laberinto, y *el muscular*, que nos revela el estado de los músculos: de ambos he de tratar en las lecciones inmediatas.

Los sentidos son aparatos de análisis, tanto más perfectos, cuanto se asciende de la sensibilidad general, que apenas nos permite definir la impresión, hasta el oído y la vista, que nos la dan analizada.

En general los sentidos se componen de elementos nerviosos somato-cósmicos para la impresión y órganos de acomodación, variables según la calidad del excitante: así, por ejemplo, el órgano de acomodación de la vista es un aparato de dióptrica que pinta la imagen en la retina, y el del oído una membrana

¹ Balmes, *Filosofía fundamental*.

tenso, la del timpano, que transforma las vibraciones aéreas en vibraciones de sólidos, y luego éstas se transmiten á un líquido, hasta que el movimiento alcanza á las células, en donde se transforman en impulsos auditivos.

872 **Sensibilidad general.** — La sensibilidad general, como el adjetivo indica, comprende el *género* de las impresiones: es el *substratum*, el fundamento de los demás sentidos. El primer paso de diferenciación ó de análisis, lo adelantan las cualidades de lugar, de presión y de temperatura que el tacto suministra; variantes diferenciales del tacto son la sensibilidad muscular, el gusto y el olfato, y el oído y la vista los más sublimes aparatos de análisis. Desde la sensibilidad oscura de la mucosa del intestino, que ningún dato definido aporta á la conciencia, hasta las definiciones de los objetos por la visión, hay una escala cuyos peldaños los constituyen las diversas sensaciones; pero todas tienen de común nacer en la *euforia* y terminar en el dolor.

Todos los órganos se encuentran unidos á la metrópoli cerebral por cables sensitivos, que aportan á la conciencia las noticias de su estado y las impresiones que los solicitan; la notificación de estado en el normal, no se acusa por fenómeno alguno definido, sino por esa plenitud de vida, esa satisfacción interior, ese bienestar que Letamendi nombra con recto sentido *euforia*. Esta, como la salud y la libertad, no aparece con todo su valor sino cuando se han perdido; entonces, el que no sabía que tenía hígado, intestinos, riñones, etc., percibe clara la hepatalgia, el cólico ó el lumbago.

Diferenciación de las sensaciones. — La distinción de las sensaciones es un fenómeno complejo que depende en parte de la inteligencia y de la voluntad, y en parte de los aparatos sensoriales y de la cantidad y calidad del excitante que promueve la impresión. La inteligencia interviene para definir las sensaciones; la voluntad, para prestarlas atención; y por lo que hace á los aparatos sensoriales y al excitante, claro es que la luz sólo pro-

duce impresión en la retina, y las ondas sonoras en el oído, y, según la cantidad y calidad del excitante, variará la sensación de intensidad, color, tono, etc.

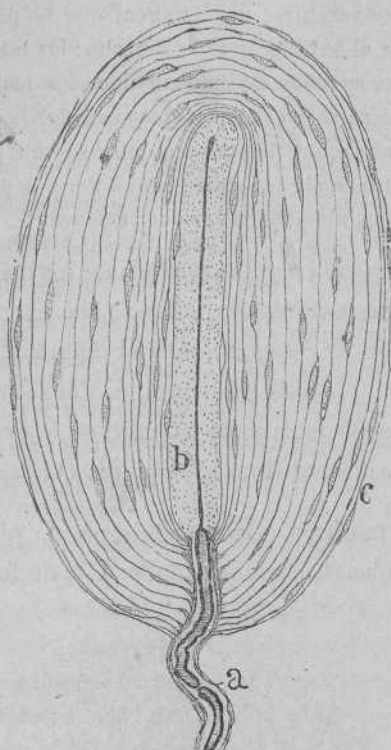


Figura 63.

Corpúsculo de Pacini del hombre, según Cajal ¹.

El batidero continuo de los excitantes sobre las fronteras del organismo acaba por engendrar en ellas un aparato sensorial acondicionado para recogerlos según su naturaleza; y de igual modo los impulsos centrípetos, batiendo constantemente una región cerebral, siempre referidos por la conciencia á *un lugar* del cuerpo y á *un orden* particular de fenómenos, acaba

¹ a, vaina de Henle del tubo nervioso; b, materia granulosa central; c, cápsulas.

por hacer solidarios los aparatos somato-cósmicos que los promueven, y los somato-psíquicos que los reciben; y como estos últimos son instrumentos del alma, la conciencia misma se aferra á estas condiciones á prueba de error.

Un cuerpo frío ó caliente, aplicado á la piel, lo aprecia la conciencia como contacto y temperatura; una imagen, que se pinta invertida en la retina, se la refiere al exterior y se ve derecha; los latidos arteriales que impresionan al oído, se refieren al mismo oído, ó á las sienes, etc. Hasta aquí todo va en orden; pero es el caso que si el globo ocular sufre una injuria traumática, al propio tiempo que dolor se ven llamaradas de luz (fosfenos); un amputado sigue refiriendo el dolor á la parte que le falta, y al exterior refieren los alucinados sus aberraciones.

Se da el nombre de *energía específica* de los nervios sensoriales, á la condición que manifiestan, cuando son excitados, de provocar una sensación correspondiente al aparato de que forman parte. Por ejemplo, la energía específica del nervio óptico está en producir sensaciones luminosas cuando se le excita, el auditivo las produce acústicas, el lingual sápidas, etc.

Sentido del tacto. — Se extiende por la piel y mucosas, y comprende tres clases de definiciones: 1.^a, de lugar; 2.^a, de pre-

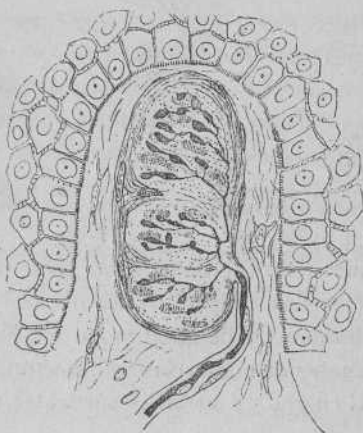


Figura 64.

Corpúsculo de Meissner de una papila digital (Cajal).

sión; y 3.^a, de temperatura. Las aptitudes para definir estas tres calidades de impresión están desigualmente repartidas por las diversas partes del cuerpo; pero en general son más sensibles la mucosa de la lengua y la piel que cubre la frente y las manos.

Las relaciones que contraemos por el tacto son tan extensas como variadas; y como prueba del alcance que tiene este sentido, diremos que con él viven muchos seres inferiores; y aun el mismo hombre, sordo, mudo y ciego, es susceptible de educación y de cultura. Por el tacto se aprecia la forma, peso, temperatura, movimiento y estado de las superficies de los cuerpos; y además de orientarnos respecto á la situación y relaciones del nuestro, nos suministra noción de la resistencia, de la fuerza y de la extensión.

El sentido del tacto, como primer grado que es de la sensibilidad general, se confunde con ésta; pero los autores reservan el título de táctiles á la superficie cutánea y á las mucosas de la boca, ojos, nariz, recto, vagina y uretra. Los aparatos receptores de la piel y mucosas sensibles son los corpúsculos táctiles de Meissner y los de Krause (figuras 64 y 65); y para los demás órganos (sensibilidad general), los de Vater ó Pacini (figura 63). Unos y otros se componen de elementos *á basión*, apoyados en otros epiteliales y conjuntivos que les sirven de cemento y de protección. De las células ó bastones sensoriales nacen los cilindros-ejes (nervios sensitivos), que después de un largo trayecto por el organismo, van á terminarse en los ganglios de las raíces posteriores ó en los núcleos que los representan en el bulbo. De estos ganglios originan nuevos cilindros, los cuales, en una sola jornada ó por etapas á través de la médula, de la protuberancia, de los pedúnculos cerebrales, cápsula interna y fibras de la corona radiante, llegan á los respectivos centros corticales.

Definición de lugar. — Por el tacto, no sólo apreciamos que un cuerpo nos toca, sino que fijamos con bastante exactitud el lugar de nuestro cuerpo en donde hemos sido tocados. Gracias á esta definición nos orientamos en las relaciones de las diversas partes de nuestro cuerpo entre sí y con los objetos que nos impresionan.

Ni todas las superficies táctiles gozan de igual sensibilidad,

ni la localización es ilimitada, sino que, variable en las diversas regiones, se llega en todas á un límite más allá del cual dos sensaciones se confunden. Este límite varía para idénticas regiones en los diversos individuos; es menor en los jóvenes que en los adultos, y en un mismo sujeto disminuye con la atención y el ejercicio, cuando los contactos son sucesivos en vez de simultáneos, ó las temperaturas de los cuerpos que tocan

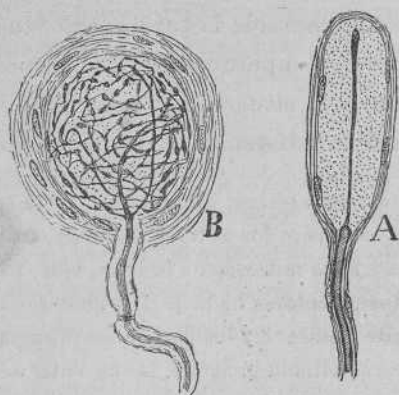


Figura 65.

Corpúsculos de Krause (Dogiel). ¹

varian entre sí y con la de la piel. Valgan ejemplos: La distancia mínima que debe separar los dos contactos para percibir la doble sensación en la cara palmar de la tercera falange de 1'7 mm. en los niños y de 3,8 mm. en los adultos. En el dorso de la mano, para dos contactos simultáneos, 9 mm. y cuando son sucesivos, 5 mm. Dos contactos sobre la cara anterior del antebrazo, no se perciben sino con una distancia de 15 mm.; pero si las puntas del compás están frías ó calientes, la separación mínima desciende á 2 mm.

Como explicación á estos hechos se ha propuesto por Weber la siguiente hipótesis: Cada papila nerviosa tiene un círculo de

1 A, corpúsculo de la conjuntiva del buey; B, ídem ídem del hombre.

acción; y mientras los contactos no lo rebasen, aunque sean múltiples sólo dan lugar á una sensación. Es más; para que las sensaciones sean distintas, es preciso que entre los dos puntos de contacto se encuentre un círculo no afecto á la impresión, pues de esta suerte se aprecia bien la diferencia. Así, por ejemplo, en una región que posea las papilas *A*, *B*, *C* y *D*, dos contactos en las plazas intermedias *BC* y *CD* producirán una sola sensación, porque se confunden las dos impresiones en la papila común *C*. Para que los dos contactos produzcan dos sensaciones distintas, es preciso que medie entre ellos un elemento no impresionado, para que del contraste resulte la distinción: tal sucede cuando los dos contactos tienen lugar en *A B* y *C D*, que no tienen elemento común. Declaran en favor de esta hipótesis la mayor finura de las regiones en que las papilas son numerosas y la exquisita sensibilidad de la piel de los niños: sin duda al estirarse el tegumento cuando el cuerpo crece, las papilas se distancian y disminuye la sensibilidad. Sin embargo, la hipótesis de Weber no explica cómo la atención y el ejercicio afinan el sentido de lugar, pues tal adquisición sería imposible si la sensibilidad dependiera de un hecho anatómico invariable.

Véase el resumen de mis observaciones en 67 adultos; las cifras expresan milímetros y se refieren á la separación de las ramas del estesiómetro:

Frente.....	23	máxima y 8,2	término medio.		
Cara dorsal de la mano.....	27	id. y 8,7	id.	id.	
Cara palmar de la mano.....	32	id. y 7,8	id.	id.	
Pulpejo del índice.....	8	id. y 3,8	id.	id.	

La definición de lugar motiva muchas ilusiones, entre las cuales es digna de cuenta la que resulta del experimento de Aristoto. Si se cruzan los dedos anular y medio, y entre ellos se coge una bolita de papel, cera, etcétera, se recibe la sensación de dos bolas. Este experimento, contrario á la hipótesis de Weber, demuestra que en el sentido de lugar toma tanta parte la conciencia como las papilas nerviosas. Acostumbrado el individuo á oponer el borde cubital de un dedo al radial del que le sigue, cuando estas relaciones se cambian, el error es la consecuencia.

Definición de presión. — Cuando un cuerpo se posa sobre la superficie de nuestro cuerpo, no sólo sentimos el contacto y el lugar en donde se verifica, sino también su peso. Esta última sensación es la de presión, y dentro de ciertos límites proporcional al peso del cuerpo que la produce. Dichos límites, variables según los individuos y la atención que presten al experimento, guardan proporción con el peso, proporción que ha dado lugar á la siguiente ley, formulada por Weber: la mínima diferencia entre dos pesos, para ser reconocidos como distintos, crece con la magnitud de éstos en una relación constante. Así, por ejemplo, en la mayoría de los individuos, cuando se sostiene un peso sobre la mano apoyada en una mesa, la relación es de 29 á 30, (diferencia uno); y para distinguir otro peso de 58 gramos, es preciso que la diferencia sea de dos; lo que quiere decir que para reconocer la diferencia de dos pesos, cualquiera que sean sus magnitudes, se necesita que entre ellos se conserve la dicha relación, y en su virtud la serie será: 58 y 60 (diferencia 2), 116 y 120 (diferencia 4), 232 y 240 (diferencia 8), y así sucesivamente.

Véase, según Gad ¹, la escala de la sensibilidad á la presión de las diversas regiones del cuerpo, contando de mayor á menor: frente, labios, dorso de la lengua, mejilla, temporal, dedos, manos, antebrazo, brazo, plano anterior del muslo y de la pierna, dorso y cara dorsal de los dedos gordos del pie, cara plantar del mismo, y plano posterior del muslo y de la pierna.

En igualdad de circunstancias, la sensibilidad aumenta en las regiones que tienen epidermis más fina y menor cantidad de pániculo adiposo. El movimiento de los cuerpos sobre la piel aviva la sensibilidad y en grado extraordinario la presencia de pelos. Es un fenómeno curioso que la sensación aparece muy notable en los límites de la región que soporta el peso con la que se ve libre de él; por ejemplo, si se mete el dedo dentro de mercurio cuya temperatura sea igual á la de la piel, la presión se siente como un anillo al nivel de la línea de inmersión.

¹ Gad: obra citada, pág. 199.

Definición de temperatura. — Además de las sensaciones anteriores, experimentamos la de calor ó frío cuando el cuerpo que nos toca tiene una temperatura que se distancia poco de la de la piel, pues si la diferencia es grande, toda distinción desaparece y sentimos dolor. También apreciamos la temperatura de nuestra piel, y sin necesidad de contacto alguno nos quejamos del frío ó del calor de nuestro cuerpo.

Por cierto que no siempre andan acordes el termómetro y nuestras sensaciones; pues sin acudir á efectos patológicos determinados, muchas veces sentimos frío estando la piel caliente, y otras no experimentamos sensación directa de frialdad á pesar de que pasando la mano por las diversas regiones del cuerpo notamos baja en el calor. Y es, que no es lo mismo subir ó bajar la temperatura del cuerpo, que sentir calor ó frío: lo primero es un fenómeno físico que depende de las relaciones entre la producción y pérdida de calórico, y lo segundo un fenómeno fisiológico que depende del sistema nervioso y del estado de la conciencia.

Los límites en que se mueve la definición de temperatura cuando se trata de líquidos, se marcan por 9° y 48° C.

Á menos de 9° y á más de 48° las sensaciones térmicas son substituídas por el dolor, y éste es de quemadura, tanto por el frío como por el calor. Si el cuerpo que toca á la piel es buen conductor, es más viva la sensación térmica.

La finura para apreciar diferencias de temperatura varía con los individuos, con la extensión de la parte tocada, con la atención, con la forma del contacto, con las regiones del cuerpo; y á igualdad de regiones, con los diversos puntos. De éstos hay uno, los más numerosos, excitables sólo por el frío, y otros que lo son exclusivamente con el calor. Tanto los puntos de frío como los de calor están diversamente repartidos por la superficie cutánea y forman cadenas que irradian en radios curvos á partir de centros comunes: éstos coinciden por lo general con las raíces de los pelos; mas aunque los centros son comunes, los radios formados por los puntos de frío y de calor no coinciden.

Para explicar esta doble sensación se ha supuesto, y los hechos abonan la hipótesis, la existencia de fibras y terminaciones nerviosas distintas, unas impresionables por las bajas temperaturas y otras por las altas.

Las sensaciones de frío, calor ó quemadura son tanto más intensas cuanto mayor es la región excitada, y así podemos sumergir un dedo en agua á 50° sin que nos cueste gran molestia, mientras que sentimos dolor intolerable si sumergimos la mano entera.

En orden de finura para el sentido térmico, he aquí las regiones de la piel: punta de la lengua, párpados, mejillas, labios, cuello y tronco. El dorso de la mano es más sensible que la palma.

La mínima diferencia apreciable en iguales condiciones, varía con el grado térmico del cuerpo que se toca. Entre 15° y 35° pueden distinguirse diferencias de un cuarto de grado; y según Nothnagel, á las temperaturas próximas á la de la sangre, se distinguen hasta 0°,05.

Técnica estesiométrica. — Para medir la finura del sentido del tacto con relación á la definición de lugar, úsase de los estesiómetros, aparatos que toman la forma de compás ó de cartabón de zapatero. El que va representado en la figura tiene esta última forma.

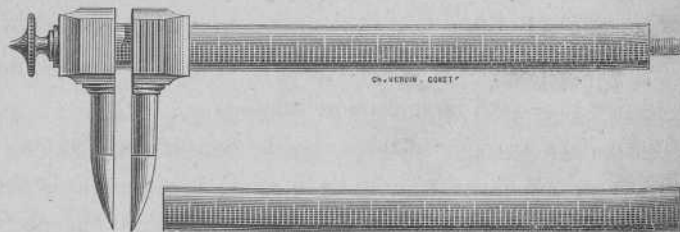


Figura 66.

Estesiómetro.

En todos los casos la exploración se funda en la aplicación sobre la piel de dos puntas romas cuya separación puede graduarse á voluntad, y puede hacerse de dos maneras, directamente, ó por comparación: en el primer caso, se aproximan las ramas del compás en aplicaciones sucesivas hasta que el sujeto explorado sienta las dos puntas como un solo contacto. El procedimiento de comparación completa el directo, y consiste en apli-

car el compás con la separación mínima obtenida en una región, á otra cualquiera, y luego se aproximan ó separan las ramas, hasta determinar la sensibilidad de esta última con relación á la primera.

En las exploraciones sobre la definición de presión conviene descartar la influencia del sentido muscular y el rozamiento del objeto con la piel: el procedimiento más sencillo consiste en apoyar la mano sobre una mesa, y cargar de pesos un punto cualquiera de su superficie hasta averiguar la mínima diferencia apreciable. Como los cuerpos fríos parecen más pesados que los calientes, conviene que los pesos estén á una temperatura próxima á la de la piel.

El sentido térmico puede explorarse con el compás, calentando ó enfriando sus puntas; pero lo mejor es aplicar una rodaja metálica de 5 mm. de diámetro, que se calienta ó se enfría en un baño de temperatura conocida.

Leccción LVII.

Localizaciones referentes á la sensibilidad general y al tacto.

Sumario: Sensibilidad al dolor. — Sentido muscular. — Centros cerebrales para la sensibilidad general, táctil y muscular. — Datos clínicos y experimentales. — Resumen.

Sensibilidad al dolor. — Hemos dicho que todas las sensaciones comienzan en la euforia y terminan en el dolor. Este es el producto de una impresión anarmónica de los aparatos y de los nervios sensibles: siempre que el estímulo es superior á la acomodación del órgano sensorial, la conciencia experimenta una sensación de pena, que es el dolor; pero hace falta saber si el hombre tiene aparatos nerviosos especiales para sentirlo, ó si todos ellos son capaces de provocarlo en condiciones extranaturales.

La opinión de los fisiólogos se inclina á conceder aparatos especiales para la producción del dolor, y se fundan en los siguientes hechos:

1.º En ciertas intoxicaciones (anestesia clorofórmica) y enfermedades (histeria, ataxia) puede conservarse la sensibilidad al dolor habiéndose perdido la táctil en todas sus manifestaciones de lugar, presión y temperatura.

2.º La conducción de la sensibilidad dolorosa es más lenta que la de la sensación de frío (Gad).

3.º En la médula, la conducción dolorosa se verifica por distintas fibras que la táctil ¹.

4.º En las amputaciones de un hemisferio cerebral la sensibilidad al dolor se conserva cuando las demás se han abolido.

5.º Las vísceras no promueven sensaciones conscientes en el estado fisiológico y producen el dolor en el patológico.

6.º La excitación eléctrica muy circunscrita de la piel produce en unos puntos dolor, en otros frío, en otros calor y en otros sensación de presión (Blix y Goldscheider).

De los hechos citados parece deducirse que el dolor está servido por extremidades y fibras nerviosas especiales; pero es preciso conceder que todos los órganos, incluso los sensoriales, contienen fibras sensibles dolorosas, pues éste puede promoverse en todas las regiones del cuerpo, siempre que las excitaciones exceden de los límites de acomodación fisiológica.

Sentido muscular. — Del contingente de impresiones que aportan los músculos á la sensibilidad general, se ha querido hacer un nuevo sentido, el muscular, que nos revela la situación de nuestros miembros, sin necesidad de vigilarlos con la vista.

Ninguna definición dará mejor idea del papel de las sensaciones musculares como el relato de la historia clínica que debe la ciencia á Demeaux. Se trataba de una mujer, y he aquí cómo se expresa la falta de sensibilidad muscular que padecía: «Movía voluntariamente los miembros, pero »no tenía conciencia del movimiento. Cuando se la interrogaba por el estado de sus miembros, no sabía responder. Si se la mandaba que llevara »las manos á la oreja, inmediatamente cumplía la orden; pero si mi mano »(habla Demeaux) se interponía entre la suya y la oreja, la enferma ignoraba en absoluto que su intento se había frustrado, y en la misma inconciencia quedaba cuando le detenía el brazo antes de llegar á la oreja. Si »fijaba su brazo sobre la cama ignorándolo ella, y la mandaba luego llevarlo á la cabeza, hacía un esfuerzo para ejecutar la acción; y aunque »ésta no se realizara, la enferma creía haberla cumplido.»

Los músculos poseen nervios sensitivos, los cuales conducen al

¹ Véase la lección LXXVI.

cerebro los impulsos que se engendran en sus cambios de estado. Dichos impulsos son proporcionados al grado de la contracción y distintos de los que suministran el tacto; pruébalo que nosotros distinguimos con bastante acierto el peso de un cuerpo que cargamos, de la presión y el roce que causa sobre nuestra piel. También las sensaciones musculares son más finas que las de presión que el tacto acusa, y Weber ha demostrado que podemos distinguir por las primeras pesos que distan entre sí $\frac{1}{17}$, mientras que por el tacto la menor diferencia apreciable es de $\frac{1}{29}$.

Las impresiones musculares, como las táctiles, se derivan hacia el mesocéfalo y el cerebelo para concertar los reflejos de acomodación; son en tal concepto, una de las corrientes centrípetas que contribuyen al mantenimiento del equilibrio y á la coordinación motora. Inducido por estos hechos, Lusana localizaba en el cerebelo la sensibilidad muscular; pero enseguida veremos que se reciben en el cerebro juntamente con la táctil y la general¹.

Centros cerebrales para la sensibilidad general. —

Las regiones del cerebro afectas á la sensibilidad ocupan un area extensa, casi del tamaño de la motora, y preside en su conjunto á las sensaciones táctiles, térmicas, dolorosas y musculares, pues aún no ha sido posible aislar centros distintos para cada una de ellas. Parece que toda distinción acaba en el cerebro, y que las corrientes nerviosas, que individualizadas corren por la médula, se juntan en la cápsula interna y se difunden en la región cortical.

En efecto, las lesiones de la médula (ataxia) pueden segar aisladamente las impresiones térmicas, musculares y táctiles; pero la experimentación no ha podido conseguir lo mismo en el cerebro.

Cierto que la acción del cloroformo, que antes cité, aísla en sus diversos períodos la sensibilidad táctil (anestesia) de la del dolor (analgesia); pero este hecho me lo explico por aumento de resistencia al metabolismo de los elementos nerviosos, que impide las fuertes explosiones causadas por el

¹ Véase la lección LXXIX.

dolor. Más claro: el dolor es la ruptura del equilibrio dinámico de las células nerviosas, las cuales se destruyen por él en un grado anormal, y el cloroformo es un freno que se impone al metabolismo para que no rebase ciertos límites.

No hay acuerdo entre los fisiólogos acerca de la región que preside á la sensibilidad general; para los autores alemanes la esfera sensitiva se confunde con la motora en la región frontoparietal; para los ingleses y gran parte de los experimentadores de Francia, se extiende por la región del gran lóbulo límbico¹, que comprende la circunvolución callosa y la del hipocampo. Para suprimir la sensibilidad de un lado del cuerpo es indispensable, según Ferrier y Horsley, la destrucción completa del lóbulo límbico, y ni aun así se logra completa la anestesia. Ahora bien: la situación del dicho lóbulo lo pone á cubierto de las lesiones experimentales, si previamente no se atacan los occipitales ó la cara externa de los temporales, y me ocurre que las lesiones de la superficie convexa del hemisferio puedan tomar parte en la anestesia. Ferrier se anticipa á este argumento, y dice que, como los síntomas de las lesiones occipitotemporales son conocidos, no hay sino restarlos para obtener por exclusión los que corresponden á las del lóbulo falciforme.

Nunca me ha convencido este argumento; y tengo tanta más razón cuanto que están todavía en litigio las funciones de los lóbulos occipitales. Creo, por el contrario, que en la recepción sensitiva influyen las circunvoluciones temporales, que son el aspecto externo de la región lingual de la cara interna del hemisferio. He aquí una historia clínica,

¹ Llámase *hipocampo*, á la parte anterior de la segunda circunvolución témporo-occipital en la base del hemisferio. El hipocampo contribuye con los pedúnculos cerebrales á limitar por los lados la gran hendidura de Bichat, y al nivel del rodete del cuerpo calloso se une á la circunvolución callosa por un pliegue de paso (pliegue témporo-límbico). Juntos el hipocampo y la circunvolución callosa, forman en la cara interna del hemisferio un arco, abierto por delante, en el cual están inscritos el cuerpo calloso y los pedúnculos: este arco fué denominado por Broca *gran lóbulo límbico*, y equivale al *lóbulo falciforme* de los fisiólogos ingleses.

referida por Demange ¹, favorable á mi opinión: «Una mujer de 72 años, después de haber sufrido, por espacio de dos semanas, adormecimiento y punzadas en los miembros izquierdos, se halló completamente insensible al tacto, al dolor y á la temperatura en la piel de la mitad izquierda de su cuerpo, y ciega del ojo del mismo lado. Conservaba aún sensibilidad en las mucosas; pero acabó por perderla también una quincena después. El gusto y el olfato quedaron abolidos en el lado izquierdo, y, con todo ello, se quejaba de una gran debilidad en los miembros afectados: esta debilidad se fué acentuando y extendiéndose hasta alcanzar á la cara y á la lengua. La enferma continuó en este precario estado hasta que sucumbió seis meses después de iniciado el ataque. La autopsia reveló un gran foco de reblandecimiento sobre la cara convexa del hemisferio derecho, comprendiendo en su espesor la corteza y la substancia blanca subyacente. El reblandecimiento se extendía por los dos tercios inferiores de las circunvoluciones ascendentes (frontal y parietal), extremidad posterior de la segunda y tercera frontales en su unión con las ascendentes, ínsula de Reil, las dos circunvoluciones parietales con el pliegue curvo y toda la superficie externa de los lóbulos occipital y temporal.»

En resumen: los centros para la sensibilidad general se extienden probablemente por los dos tercios inferiores del lóbulo temporal, abarcando por la parte interna el hipocampo y la circunvolución callosa, y por la externa la segunda y tercera circunvoluciones temporales ². Empero no hay que fundar ilusiones en la certeza de estos límites, porque después de la ablación de todo el hemisferio ³ se conserva aún algo de las sensaciones de presión, *é íntegra la sensibilidad al dolor*. Este hecho, que he podido comprobar por mis experimentos, justifica cuanto vengo exponiendo acerca de las sensaciones dolorosas: son, repito, el término de todas las impresiones anarmónicas, y cualquier región sensitiva puede proporcionarnos sus rigores.

¹ *Revue de Médecine*. Mayo de 1883.

² Es decir, todo el lóbulo temporal menos la región auditiva.

³ A. N. Vizou: «Ablation totale d'un hémisphère cérébré.» — *Arch. de Phys.*, 1893.

Numerosos fueron los experimentos realizados por Ferrier en los monos macacos, persiguiendo las localizaciones de la sensibilidad general; pero más concluyentes los de Horsley, se llevaron á cabo con el bisturí, que permite ver lo que se corta, y con el método antiséptico, que hace posible la cura de los operados. Considerados en globo estos experimentos, pueden encerrarse en las siguientes conclusiones:

1.^a Las alteraciones de la sensibilidad se ofrecen en la mitad opuesta al hemisferio que se lesiona, y son proporcionadas en su grado al de la lesión causal.

2.^a En ningún caso han podido limitarse á una región determinada las alteraciones sensitivas por lesión cortical. Á pequeña lesión, ligero trastorno sensitivo, pero siempre generalizado á toda la mitad opuesta del cuerpo ¹.

3.^a Se consiguieron anestias absolutas, aunque transitorias, de la sensibilidad á la presión y á la temperatura, pero nunca analgesias absolutas. Cualquiera que fuera el grado de la lesión, los animales eran capaces de sufrir el dolor.

Estas conclusiones se conforman con las de Vitzou en sus experimentos de ablación total de un hemisferio. Á consecuencia de la extirpación de un hemisferio cerebral, los perros pierden la sensibilidad táctil, la sensibilidad á la temperatura, algo de la muscular, pero conservan sin alteración la sensibilidad al dolor.

Yo he verificado ablaciones totales de un hemisferio en los conejos y en los perros, y mis observaciones no discrepan de las de Vitzou sino en algunos detalles. Desde luego comenzaré por declarar que nunca me han parecido lesiones puras de la sensibilidad, las de la región motora. Cuando la amputación del hemisferio no me resultó completa, porque quedaron sin extraer algunas porciones de la base del cerebro, lejos de anestesia, lo que observé fué hiperestesia en el lado opuesto del cuerpo. En una ocasión traté de amputar un hemisferio en un conejo, y creí haberlo conseguido; pero grande fué mi sorpresa cuando al siguiente día, queriendo mostrar á mis alumnos la anestesia prevista en la mitad opuesta del cuerpo, hallé que el animal, al menor contacto, salía corriendo, á pesar de que arrastraba un poco los miembros correspondientes.

Si la ablación se logra completa, he observado que la sensibilidad táctil se pierde, hasta el punto de que es posible colocar el miembro en posi-

¹ Munk opina lo contrario, pero es porque confunde los centros motores con los sensitivos.

ciones viciosas sin que el animal se moleste por ello; pero si con cintas elásticas se hacen ligaduras apretadas en los miembros afectos, el animal hace por quitárselas con los dientes, aunque no las note con la vista por tener vendados los ojos. Respecto á la sensibilidad al dolor, he notado que se conserva desde el principio al fin del experimento ¹. El animal queda ciego y sordo del lado opuesto, y en los primeros días, gira invariablemente hacia el lado sano.

Las observaciones clínicas se conforman en lo general con los resultados de las vivisecciones. Son muy raras las anestias completas por lesión cortical, y en todos los casos se conserva la sensibilidad para el dolor. Además de incompletas, las anestias son transitorias, especialmente en los niños (Gowers).

Para hallar una abolición absoluta de la sensibilidad es preciso acudir á las lesiones de la cápsula interna: en esta parte, todas las fibras sensitivas van apretadas en un manojo, que ocupa reducido espacio, y pueden ser segadas de un solo golpe por la lesión.

1 En estos experimentos, la única guía para juzgar de la sensibilidad son las reacciones motoras que la excitación ocasiona, y éstas pueden ser reflejas. Todo el cuidado es poco para distinguir unas de otras.

Leccción LVIII.

Sentidos del gusto y del olfato.

Sumario: Sentido del gusto.—Sensaciones elementales.—Nervios del gusto. — Localización cerebral.—Sentido del olfato.—Aparato nervioso de la olfacción. — Técnica.

112 **Sentido del gusto.**—Es una mera variante del tacto, como lo prueba: de una parte, la analogía de estructura de las papilas gustativas y táctiles; y de otra, la limitada capacidad analítica de este sentido. En efecto, las sensaciones gustativas se reducen á cuatro sabores: dulce, amargo, ácido y salado. Si los manjares que gustamos nos proporcionan extraordinaria variedad de sensaciones, débese á que se combinan las gustativas, táctiles y olorasas. Así, por ejemplo, el vino nos impresiona por su aroma (sensación olfatoria), por su finura (sensación táctil) y por su sabor.

La región del gusto se extiende por el dorso, bordes y punta de la lengua, por los pilares anteriores del paladar y por una estrecha faja del velo palatino, inmediatamente detrás del cielo de la boca; pero no todas estas partes gozan de la misma aptitud para todos los sabores: el dulce se aprecia mejor por la punta y bordes de la lengua, y el amargo por el tercio posterior del dorso de la lengua y pilares. Las substancias para producir sabores necesitan ir disueltas ó ser solubles en los jugos bucales.

Los elementos *á bastón* afectos al gusto se reúnen para constituir lo que se conoce con el nombre de botones ó papilas del gusto. El esqueleto de

estas papilas está formado por células epiteliales, y en junto tienen un aspecto de tonel, en cuya tapa sobresalen los bastones terminales de los elementos nerviosos. Las papilas del gusto son numerosas y se reúnen alrededor de las caliciformes y fungiformes de la mucosa lingual.

No hay relación entre la constitución química de una sustancia y su sabor, y así, por ejemplo, el ácido tánico, el azúcar, el subacetato de plomo, el bicloruro de mercurio y la sacarina promueven el sabor dulce, no obstante su diferente naturaleza.

Parece que debe haber papilas y fibras nerviosas distintas para los cuatro sabores, pues la excitación eléctrica de la lengua produce sabor ácido en el anodo, y alcalino ó quemante en el catodo. Este efecto no es debido á la electrolisis de los líquidos bucales, porque se verifica aunque se aplique la corriente por mediación de una esponja empapada en cloruro de sodio.

El sentido del gusto, á la inversa de los otros, se afina en la vejez.

Nervios del gusto.—Nuestros conocimientos acerca de este aparato sensorial son tan incompletos, que aún están discutiéndose las vías nerviosas por donde los impulsos sápidos llegan al cerebro. Parece, sin embargo, que en estos últimos años se ha llegado á un acuerdo, concediendo directamente al glosofaríngeo la regencia del gusto en la base de la lengua y pilares anteriores, y al lingual (rama del trigémino) la de los bordes y punta del referido órgano. El trayecto que siguen las fibras del lingual para ingresar en el glosofaríngeo es muy complejo, y en el tránsito forman parte de la cuerda del tambor ¹, pues la excitación de este nervio produce la sensación de acidez.

Á partir de los núcleos de origen del nervio glosofaríngeo, desconocemos el trayecto y la terminación en el cerebro de las fibras gustativas. Ferrier, fundándose en la estrecha relación que

¹ He aquí algunos trayectos anastómicos entre el nervio timpánico y el glosofaríngeo: 1.º, por el nervio intermedio de Wrisberg; 2.º, por el nervio de Jacobson; 3.º, por ramos directos suministrados por el glosofaríngeo al facial á la salida de este último por el agujero estilo-mastoideo.

existe entre las sensaciones olfatorias y las sápidas, se inclina á localizar el centro de las últimas en el lóbulo eseno-temporal, muy cerca del de las primeras. La experimentación lucha con dificultades insuperables, y nada afirma en concreto; pero es muy probable que la gerencia de los hemisferios sea cruzada en relación á las mitades de la lengua.

Sentido del olfato. — Este sentido aún tiene menos capacidad analítica que el gusto, pues por éste definimos cuatro sensaciones sápidas, mientras que, con relación al olfato, tal cosa huele á tal otra, pero carecemos de términos para expresar sensaciones elementales.

El olfato se extiende por las regiones nasales inervadas por las ramificaciones del primer par, á saber: el tercio superior del tabique, el cornete superior y la mitad superior del cornete medio. En esta parte, la mucosa de Schneider tiene distinto aspecto y estructura y recibe el nombre de olfatoria, para distinguirla del resto ó mucosa respiratoria.

El nervio trigémino comparte con el olfatorio la inervación de la mucosa nasal y la presta exquisita sensibilidad táctil: las sensaciones olfatorias se combinan de esta suerte con las táctiles y arrojan una impresión común, tal como la que provoca el amoníaco, por ejemplo.

Las partículas que emiten los cuerpos olorosos llegan á la región olfatoria con la corriente del aire inspirado: el aire expirado no produce en general sensaciones ósmicas, y de aquí que ninguna persona huelga su propio aliento; sin embargo, las substancias olorosas, en el momento de ser tragadas, pueden impresionar el olfato.

Contra lo que se creía antiguamente, las substancias olorosas disueltas en los líquidos pueden impresionar el olfato, con tal que éstos no alteren la delicada mucosa nasal. Si se usa el alcohol como disolvente, la mucosa se irrita y se deshidrata; si se usa el

agua, hincha la mucosa; el mejor disolvente es la disolución fisiológica de cloruro de sodio (7 por 1.000) á la temperatura del cuerpo.

Las sensaciones ósmicas se avivan haciendo inspiraciones cortas y repetidas (acción de oler) y cuando el aire está ligeramente húmedo. Si al inspirar oprimimos con los dedos la parte superior de las ventanas de la nariz, la impresión ósmica no se verifica.

El sentido del olfato en el hombre es rudimentario, y, con todo, es suficiente para apreciar el olor del bromo diluido al 1 por 30.000, y el del hidrógeno sulfurado mezclado con el aire en la proporción de 1 por 500 000. Estas cifras nos dan idea de lo que debe ser el olfato de un perro de caza.

Aparato nervioso de la olfacción. — El aparato nervioso de la olfacción, apenas desarrollado en la especie humana, es una verdadera prolongación del cerebro, y, por tanto, los llamados nervios olfatorios son el recuerdo de un lóbulo cerebral que en otros mamíferos se dilata hasta la lámina cribosa del etmoides.

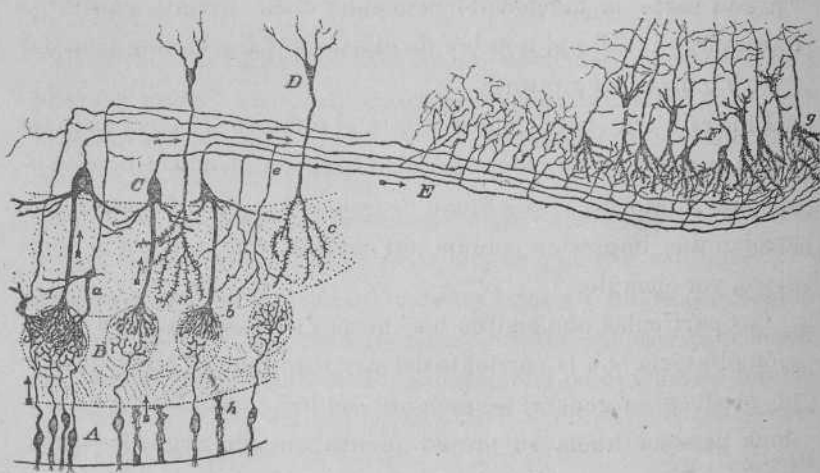


Figura 67.

Esquema de la estructura del bulbo olfatorio según Cajal ¹.

¹ A, mucosa olfatoria; B, glomérulos; C, células mitrales; D, granos; E, raíz externa del nervio olfatorio; F, pirámides de la corteza esfenoidal que reciben por sus penachos las arborizaciones colaterales y terminales de las fibras llegadas del bulbo olfatorio. Las flechas indican la dirección de los impulsos nerviosos.

La figura 67 enseña el tránsito de los impulsos hasta el cerebro: los elementos impresionables ó somato-cósmicos son unas células llamadas olfatorias ó bipolares, que rematan en pincel por sus dos polos: el pincel externo ó mucoso se termina libremente entre las células epiteliales de la mucosa y en él se verifica la impresión de las emanaciones odoríficas; el pincel interno ó profundo es varicoso, y se termina también libremente en la zona de los glomérulos. En esta zona los impulsos transbordan por contacto á las prolongaciones protoplasmáticas de las células mitrales del bulbo olfatorio, y de aquí al cerebro por las fibras olfatorias, que son cilindros-ejes de las dichas células mitrales. Ramón y Cajal, á quien pertenecen los datos que preceden ¹, compara el aparato olfatorio á la retina, y dice que las células bipolares representan á los conos y bastones, y el bulbo olfatorio á las demás capas. También llama la atención sobre el hecho de ser colectivas y no individuales las conexiones entre los penachos de las células bipolares y las ramas de las mitrales, lo cual explica, á su entender, la difusión é indeterminación de las impresiones olorosas.

Las investigaciones fisiológicas señalan por centro cortical de la olfacción á la circunvolución unciforme, ó más precisamente, al núcleo amigdalino que se encuentra en la parte anterior del hipocampo ². Esta localización no es definitiva, y debe tenerse presente que Calleja (C.) ha seguido las fibras de la raíz externa del nervio olfatorio ³ por una región extensa del lóbulo esfenoidal.

La figura 67 da completo conocimiento de las relaciones de las fibras olfatorias con el bulbo, y las 68 y 69 con la región de la corteza cerebral subyacente á la raíz externa del primer par. El

¹ S. Ramón y Cajal: *Nuevo concepto de histología de los centros nerviosos*. Barcelona, 1893.

² *Gyrus uncinatus* es el nombre dado por Huxley á la circunvolución de hipocampo.

³ El nervio olfatorio llega al cerebro por tres raíces, una gris y dos blancas: de éstas últimas, la externa termina en la parte más anterior de la circunvolución de hipocampo y lóbulo esfenoidal; la interna va á la extremidad anterior de la circunvolución del cuerpo calloso. Estos centros corticales se unen longitudinalmente por los cordones de Lancisi, y transversalmente por la *bundeleita* de Broca, muy desenvuelta en los animales osmóticos. La raíz gris termina de una parte en la corteza témporo-esfenoidal, y de otra alcanza hasta la comisura blanca anterior.

Dr. Calleja (C.) á quien debo las dos últimas ¹, ha seguido las fibras olfatorias de la raíz externa desde sus orígenes, como cilindros-ejes de las células empenachadas hasta su terminación en los lóbulos frontal y esfenoidal del cerebro; y por cierto que la corteza cerebral de estas regiones ofrece una estructura especial.

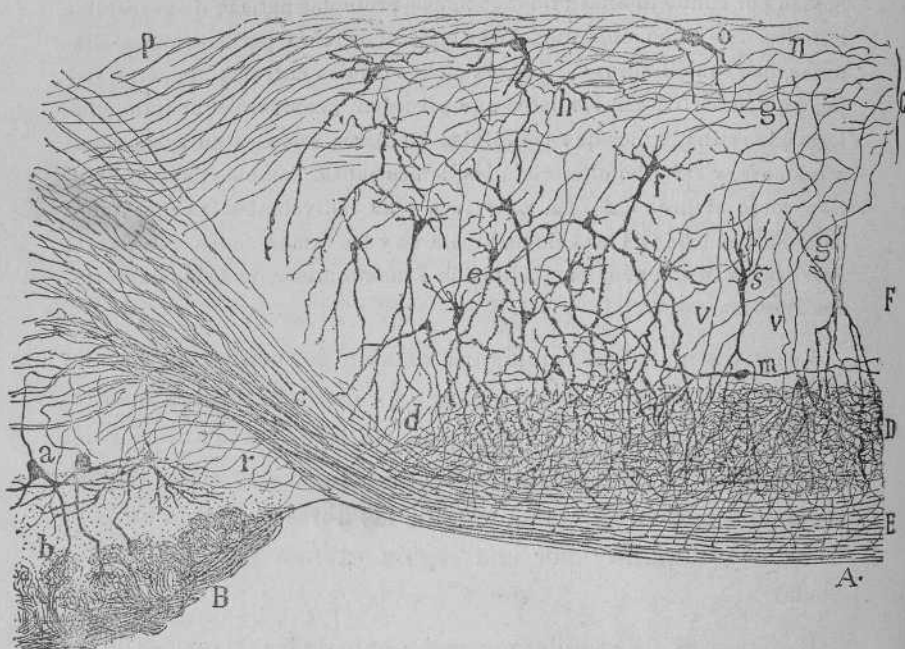


Figura 68.

Corte antero-posterior del tractus y bulbo olfatorio del ratón de quince días, según C. Calleja ².

¹ C. Calleja: *La región olfatoria del cerebro*. Madrid, 1893.

² A, raíz externa del nervio olfatorio; B, bulbo olfatorio; D, capa molecular de la substancia gris subyacente á la raíz; F, capa de las pirámides; C, capa de las células polimorfas; a, células mitrales del bulbo; b, glomérulo olfativo; c, cilindros-ejes de células empenachadas constituyentes de la raíz externa; d, colaterales de la raíz distribuidas por la capa molecular; e, f, pirámides; g, gruesa célula estrellada; h, cilindro-eje de una célula triangular; o, célula polimorfa; n, fibras nerviosas de la capa de las células polimorfas; v, cilindros-ejes ascendentes; m, una célula fusiforme horizontal; v, colaterales de la raíz externa para el bulbo.

Es muy dudoso el cruce de las fibras olfatorias, pues las demostraciones anatómicas aseguran que, hasta el bulbo inclusive, van directas: y respecto á un cruce cerebral, las dificultades que se ofrecen á la experimentaci3n son invencibles.

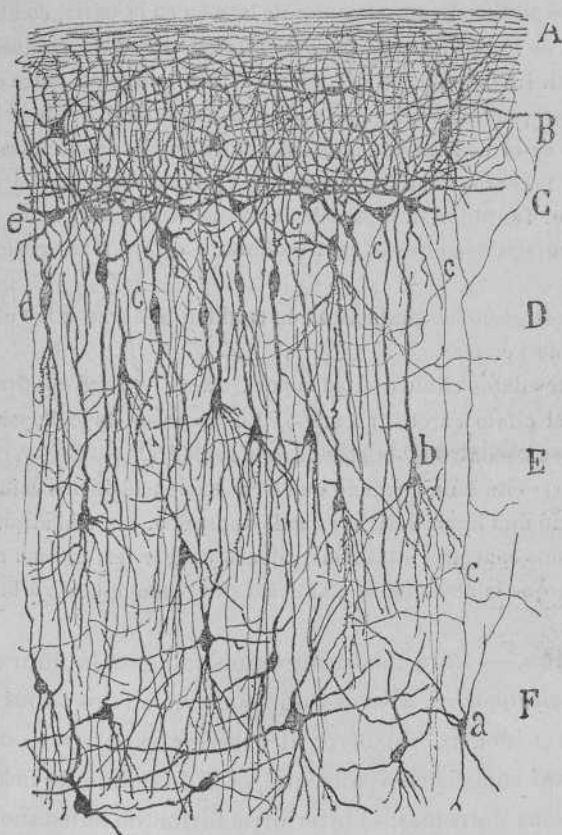


Figura 69.

Corte antero-posterior de la corteza esfenoidal del conejo de ocho días ¹.

¹ A, fibras de la raíz externa; B, capa molecular; C, capa de las células triangulares y semilunares; D, capa de las células fusiformes verticales; E, capa de las pirámides; F, capa de las células polimorfas; a, células de cilindro-eje ascendente; b, pirámide; c, célula triangular; d, corpúsculo fusiforme; e, cilindros-ejes.

No he podido hacerme de experiencia propia acerca del olfato. Los animales no expresan con fidelidad su anosmia para los olores no irritantes; y respecto á los que lo son (ácido acético, amoníaco, cloroformo, etc.), queda siempre la duda de si la reacción se deberá al trigémino.

Ferrier relata varios experimentos de excitación del vértice del lóbulo eseno-temporal hechos con igual éxito en monos, perros y gatos; en todos los casos se producían movimientos de torsión en la nariz, combinados con retracción de la comisura de la boca, reproduciendo en conjunto el gesto de oler mal. La destrucción del lóbulo eseno-temporal, entre otros síntomas (sordera, pérdida del gusto y de la sensibilidad), produce la anosmia: mas como en otros experimentos determinó Ferrier las localizaciones respectivas á los otros sentidos, pudo por exclusión fijar la del olfato en el hipocampo. Tanto los síntomas de excitación como los que se siguen á la destrucción, declaran que el centro olfatorio rige á la mucosa del mismo lado.

Las investigaciones anatómicas de Gudden le llevan á las mismas conclusiones de Ferrier.

En fin, los datos clínicos citados por Gowers ¹ y Feré, confirman la localización del olfato en el hipocampo. En un caso de epilepsia con aura olfatoria, se encontró reblandecida esta región.

Mackencie cita á un cirujano que á consecuencia de una caída de su birlocho sufrió una ligera lesión y quedó anósmico. Sin embargo, es preciso anotar, como contrario á las conclusiones de Ferrier, el caso relatado por Feré ², porque la anosmia se manifestó en el lado opuesto á la lesión.

Técnica. — Para medir aproximadamente la finura del olfato úsase el *olfatómetro*, aparato que consiste en dos tubos que se enchufan uno dentro del otro: el exterior se compone de material oloroso, tal como cera ó cautchuc, etc., ó fácilmente impregnables con esencias ó aromas: el interior se forma de substancia inodora y termina en una embocadura que se introduce por la nariz. Según que el tubo exterior cubra más ó menos superficie del interior, el olor de éste llegará con mayor ó menor intensidad á la

¹ *Enfermedades del sistema nervioso*, por Gowers, traducción del Dr. L. Góngora. Barcelona.

² Ch. Feré: *Anatomie Médicale du système nerveux*. — Deuxième édition. — Paris, 1891.

región olfatoria, arrastrado por el aire inspirado. Con dos instrumentos de esta clase puede compararse la sensibilidad de una y otra cámara olfatoria, y se averigua que cuando dos olores diferentes impresionan simultáneamente á las dos regiones olfatorias, uno de los olores anula al otro ó entrambos se neutralizan, pero nunca resulta un olor compuesto de la combinación de ambas impresiones (Gad).

Lección LIX.

Sentido del oído.

Sumario: Sentido del oído. — Vibraciones sonoras: intensidad, tono y timbre de los sonidos. — Aparato de la audición. — Funciones del pabellón de la oreja y del conducto auditivo externo. — Funciones del oído medio. — Idem de la membrana del tímpano. — Idem de la trompa de Eustaquio. — Idem de la cadena de huesecillos. — Movimientos totales y parciales de la cadena. — Oficio de los músculos del martillo y del estribo. — Funciones de las ventanas oval y redonda.

Sentido del oído. — El tacto, el gusto y el olfato parecen creados al servicio del instinto, la vista para sustento de la inteligencia y el oído para el de la emoción. Por todos los sentidos se relaciona el alma con el mundo exterior y todos acuden á nuestras vitales urgencias; pero ninguno deja, cuando se pierde, tan honda huella en los afectos.

El oído es un aparato de análisis tan perfecto, que á su eficacia debe el ingenio humano cuantos progresos ha realizado en acústica. Este sentido nos relaciona con nuestros semejantes, permitiéndonos percibir la palabra, que es el vaciado de la idea; por él sentimos las vibraciones de los cuerpos y las descomponemos, fundimos y combinamos, siendo capaces de distinguir la intensidad, tono y timbre de los sonidos.

Los sonidos se producen por las vibraciones de los cuerpos; pero las que analiza el oído son transmitidas por el aire, cualquiera que sea su procedencia. El oído, como dicen los autores, es una especie de tacto á distancia.

En los sonidos distingue el oído humano tres cualidades; la *intensidad*, que hace relación á la amplitud de las vibraciones; el *tono*, que de-

pende de la duración, ó sea del número de vibraciones que se producen en un segundo; y el *timbre*, que, según demostró Helmholtz, es la consecuencia de la combinación de sonidos armónicos con el sonido fundamental. Al vibrar una cuerda, por ejemplo, se produce un tono fundamental ó predominante por la vibración de toda ella, pero al mismo tiempo se engendran vibraciones parciales en trozos de $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, etc., de la longitud total: estos sonidos se llaman armónicos, son de tono más elevado que el fundamental y le prestan carácter, ó sea timbre. Si se aplica el método gráfico á los sonidos timbrados, obsérvase, en comprobación de la teoría, que la forma de la vibración es distinta de la que correspondería al sonido predominante si no se produjeran sonidos armónicos.

La intensidad, apreciada por el oído humano, suministra datos acerca del origen de los sonidos, distancia á que se producen y dirección que traen. Los sonidos se debilitan en razón del cuadrado de la distancia que separa al oído del cuerpo sonoro.

El tono da origen al sentimiento músico. Sin que se sepa por qué, cada tono nos produce un sentimiento distinto; y por lo que hace á su combinación, cuando guardan en ella la relación simple de los primeros números, nos impresionan dulce y agradablemente; y si, por el contrario, están muy próximos ó muy distanciados por el número de vibraciones, nos dañan y desagradan: á la primera combinación de sonidos se la llama consonante, y á la segunda disonante. Á las vibraciones de los cuerpos sonoros, cuando se combinan discordantemente, se las da el nombre de ruidos, reservando el de sonidos á los que despiertan el sentimiento músico.

El timbre es el carácter de los sonidos: dos notas de igual altura ó intensidad se distinguen por el timbre, y gracias á él somos capaces de distinguir el sonido de los diversos instrumentos y la voz de cada persona.

276 **Aparato de la audición.** — La audición depende de la impresión causada en las células sensoriales del nervio auditivo

por la vibración del líquido que las baña; mas para que este líquido llegue á vibrar, es preciso que las vibraciones del aire lleguen á él por los diversos órganos que componen el oído medio y externo. En efecto, el aparato impresionable del oído se encuentra aislado del exterior en unas cavidades talladas en el espesor del hueso más duro del cráneo, el peñasco, y este aislamiento, precioso para el ejercicio de la audición, hace necesaria la transmisión de las vibraciones sonoras desde el aire que las recoge, al oído interno en donde se reciben: sin aparato nervioso no hay impresión; pero cuando los órganos del oído medio son incapaces de transmitir las vibraciones, éstas no pueden interesar al nervio auditivo, y en ambos casos la sordera es la consecuencia.

Los órganos de transmisión lo son á la vez de acomodación y protección; los de impresión sirven también para analizar los sonidos y en el cerebro tiene lugar la recepción y síntesis de los impulsos nerviosos. Sólo cuando dichos impulsos alcanzan al cerebro dan lugar al fenómeno de conciencia que llamamos sensación acústica.

En su virtud, estudiaremos sucesivamente las funciones del oído externo, medio é interno, los centros cerebrales auditivos y las sensaciones acústicas.

Funciones del oído externo. — El oído externo, consta de dos partes: el pabellón de la oreja y el conducto auditivo externo.

El pabellón sirve para reflejar las ondas sonoras en la dirección del conducto auditivo, y en tal sentido suministra datos para orientarnos de la dirección que traen los sonidos. Las orejas sólo pueden reflejar hacia el conducto auditivo externo las vibraciones que vienen de delante del observador, y de aquí la práctica instintiva de dar la cara al punto de donde procede el sonido y de ampliar la superficie reflectante con la mano ahuecada á guisa de pabellón.

Boerhave y Boucherón han calculado que, dada la curvatura de las anfractuosidades de la oreja, las vibraciones deben ser reflejadas precisamente al conducto auditivo; pero como se prueba el oficio del pabellón es con los siguientes experimentos ¹.—Experimento de Weber: Colóquese delante del sujeto un reloj, á distancia tal, que su movimiento sea débilmente perceptible. Si entonces se aplastan las orejas contra el cráneo, el *tic-tac* deja de percibirse, pero vuelve la sensación tan pronto como aquéllas se abandonan á su posición natural.

Experimento de Gellé: Obtúrese un conducto con una bolita de algodón, adaptese al otro un tubo de goma de 20 centímetros de largo y véndense los ojos. En estas condiciones, el sujeto, ni oye, ni es capaz de buscar á tientas la dirección en que viene un sonido que produce un reloj: destápese el oído obturado, é inmediatamente se oye el *tic-tac*.

Este experimento prueba que las orejas sirven á la vez para reflejar las ondas sonoras y para orientarnos sobre la dirección del sonido; pero este último servicio se hace evidente con otro experimento de Gellé: Introdúzcanse en ambos meatos de un sujeto con los ojos vendados las extremidades de un tubo de goma de 50 centímetros de largo. En la parte media del asa formada por el tubo póngase un reloj, y su *tic-tac* lo percibirá el sujeto en la dirección de donde realmente viene; pero con cuidado, para no impresionar el tacto, pásese el asa á la espalda, y el sujeto seguirá oyendo el ruido como si el reloj no hubiera cambiado de situación.

Cuando el pabellón falta, se hace más difícil precisar la dirección de los sonidos. Este órgano, por su situación, divide el campo auditivo en dos partes: las vibraciones que vienen de delante son reflejadas; las que proceden de atrás, rechazadas. Inferimos que el sonido procede de delante cuando se le oye mejor, y de la izquierda ó de la derecha según cuál sea el oído impresionado con más intensidad. Concha muy cóncava y pabellones delgados, son signos de finura de oído.

El conducto auditivo externo, franco hacia fuera y cerrado por la membrana del tímpano hacia la caja, está lleno de aire y permite el tránsito de las vibraciones que llegan directamente, y de las reflejadas por el pabellón de la oreja. El conducto tiene su

¹ La mayor parte de estos experimentos los he comprobado en el laboratorio y se citan con gran detalle en el *Dictionnaire* de Richet, pág. 861.

resonancia propia ¹, y, por su constitución osteo-cartilaginosa, suaviza los sonidos que la atraviesan. Además, la dirección de los dos conductos es admirable para orientarnos en la dirección lateral: cada oído explora el campo auditivo de su lado, y la cabeza y el cuerpo se inclinan hacia aquel de donde viene el sonido ².

Un experimento sencillo, citado por Nuel, demuestra la influencia de los conductos en la orientación lateral. Introdúzcanse en uno y otro orificio las extremidades de un tubo de goma de 50 centímetros de largo; pásese á la espalda el asa formada y señálese con una línea el punto medio de la misma; un diapasón situado á la derecha ó á la izquierda de la línea media del asa, se oye con el oído correspondiente como si á él estuviese aplicado. Por mi parte debo añadir que las veces que he practicado este experimento en los alumnos y en mi mismo, no ha correspondido la situación del diapasón con el oído más impresionado. En cambio, se hace muy difícil precisar si el sonido viene de delante ó detrás del observador.

El conducto auditivo por sus paredes óseas conduce vibraciones, desde el exterior al interior y en sentido inverso: los sonidos se transmiten desde la cabeza al aire del conducto, mediante la membrana del tímpano, y se refuerzan cuando se obtura el meato. Por esta causa se perciben los latidos arteriales y las contracciones de los músculos cuando estamos echados y obturamos un oído con la almohada.

Las vibraciones se transmiten mal de los sólidos á los gases, y viceversa; pero la membrana del tímpano, como en seguida veremos, se encarga de trasladar al aire del conducto las que recibe de los huesos de la cabeza por el anillo timpánico. Si se adapta al meato un tubo de goma á guisa de estetoscopio, puede oírse por el observador el sonido de un diapasón que se aplica á la cabeza del sujeto observado.

1 La tonalidad propia del conducto es la causa de la mayor resonancia que adquieren ciertos sonidos, v. gr., las notas sobreagudas del violón. Kœning dice que dicha tonalidad refuerza los sonidos del índice 6.

2 Los dos conductos son oblicuos de atrás adelante y de dentro afuera: la línea horizontal que une sus extremidades posteriores pasa inmediatamente por delante de la articulación occipito-atloidea, que es el centro para los movimientos de la cabeza.

Funciones del oído medio. — Le corresponde el triple oficio de conductor de las vibraciones sonoras, y acomodador y protector del aparato auditivo.

Compónese el oído medio de una cavidad llena de aire, la caja del tímpano, que algunos autores han comparado á la cámara oscura de los aparatos ópticos; esta cavidad está llena de aire y en comunicación, de una parte, con la atmósfera por la trompa de Eustaquio; y de otra, con las cel-dillas mastoideas, que le sirven de ampliación; hacia fuera, el tímpano está cerrado por la membrana del mismo nombre, que le separa del conducto auditivo externo, y por dentro está limitado por una pared ósea, que le separa del laberinto. En esta pared interna hay dos pequeños orificios cerrados por sendas membranas: uno comunica con el caracol y se llama ventana redonda, y á su membrana tímpano secundario; el otro comunica con el vestíbulo y es la ventana oval en donde se apoya la base del estribo.

La conducción de los sonidos se hace en el oído medio á favor de los sólidos; y al efecto, la membrana del tímpano recibe las vibraciones del aire del conducto externo, y la membrana de la ventana oval las transmite al líquido del oído interno: entre ambas membranas se encuentra una cadena de huesecillos, que se encarga de conducir las vibraciones del tímpano á la membrana de la ventana oval; pero esta cadena no es pasiva, sino que ejecuta movimientos de palanca y modifica la amplitud y la energía de las vibraciones que conduce. En fin, dos músculos que vienen á insertarse en los extremos de la cadena influyen también por su contracción en la transmisión de las vibraciones. Estudiaremos sucesivamente la función de cada una de estas partes.

Funciones de la membrana del tímpano. — Esta membrana tiene por principal función transformar las vibraciones aéreas en vibraciones sólidas, mediante vibrar ella á título de membrana tensa. Además, por su tensión variable, es un órgano acomodador y protector del oído. La membrana asume para sí las tres funciones que hemos señalado al oído medio.

La tensión de la membrana timpánica depende en parte de estar engastada en el anillo timpánico como una tela en el bastidor, y en parte de la atracción que ejerce el mango del martillo. Contribuyen también á mantenerla tensa las presiones de la atmósfera por el lado del conducto auditivo externo, y la del aire de la caja. La tensión que se debe al mango del martillo depende de un factor constante, tracción de la vaina fibrosa del músculo del mismo nombre, y de un factor variable, contracción del dicho músculo; en cuanto á las presiones del aire, puede variar la del encerrado en la caja, haciéndose superior ó inferior á la atmosférica.

Merced á la forma de la membrana y á los factores antagonistas que la solicitan, no sólo es variable su tensión total, sino que es diferente en los diversos puntos de ella. Esta variabilidad en la tensión del tímpano no puede ser más favorable á su función, pues se presta á vibrar con todos los sonidos sin añadirles ni quitarles resonancia.

La membrana del tímpano, casi horizontal en el feto, se eleva en el adulto hasta adquirir una oblicuidad variable según los individuos. La membrana es oblicua de arriba abajo, y de dentro afuera, de cuya disposición se sigue un ángulo obtuso en su unión con la pared superior del conducto auditivo externo (que por esta razón es más largo), y agudo con la inferior. Parece que cuanto menor es la oblicuidad del tímpano mayores son las aptitudes músicas del oído (Lucae).

La membrana del tímpano (*T*, en las figuras 70 y 71) tiene la forma de un embudo, cuyo vértice ó parte convexa corresponde al promontorio, y la cóncava, que se conoce con el nombre de ombligo, al conducto externo: hacia la periferia, la dicha membrana se abomba por la cara externa, y de esta forma ondulosa se deduce su extraordinaria aptitud para vibrar. También contribuye á ella la inserción de un cuerpo sólido, el mango del martillo: éste forma cuerpo con la membrana y la une á la cadena de huesecillos. La inserción se verifica por la cara interna del tímpano, en la cual el mango del martillo aparece como un radio trazado desde la parte supero-anterior de la circunferencia al vértice (*m m* en la figura 71.)

La membrana del tímpano, como la placa vibrante del fonógrafo, se presta admirablemente á vibrar por influencia de la pequeña columna de aire que llena el conducto auditivo externo.

También, aunque en grado menor, recibe directamente las vibraciones que conducen los huesos del cráneo al anillo timpánico. Unas y otras se transmiten desde la membrana á la cadena de huesecillos.

Müller demostró experimentalmente que las vibraciones, que se conducen tan mal desde los gases á los sólidos, pasan fielmente de aquéllos á éstos cuando media una membrana tensa.

Por las diferentes tensiones que puede adquirir la membrana del tímpano, gracias á la acción del músculo del martillo, resulta un órgano protector del oído: cuando está muy tensa, defiende de los sonidos graves y con la menor tensión, de los agudos.

Funciones de la trompa de Eustaquio.—Este conducto osteo-cartilaginoso se abre en la pared anterior de la caja y termina en la faringe: sirve para ventilar la cavidad del tambor, y ya al tratar de la deglución nos ocupamos del mecanismo de esta ventilación ¹.

Hemos dicho que la membrana del tímpano se encuentra en equilibrio entre las presiones del aire que pesa sobre sus dos caras. Se comprende, sin nuevas razones, que cuando la presión interior sea alta ó baja, con relación á la atmosférica, la dicha membrana será solicitada hacia fuera ó adentro respectivamente, pero siempre con perjuicio de la audición. Si el aire de la caja no se renovara, necesariamente disminuiría de presión, pues la absorción de oxígeno y el calor le enrarecerían. Tal sucede cuando, á consecuencia de un catarro, se obstruye ó estrecha la trompa de Eustaquio; entonces la presión atmosférica dominante aumenta el abombamiento y la tensión de la membrana, el oído se hace duro para los sonidos graves é impresionable para los agudos.

Los efectos de la presión del aire interior sobre la membrana, y por ende en la audición, son fáciles de demostrar. Para disminuir la presión basta tragar saliva con la nariz cerrada, y para aumentarla, la acción de sonarse con alguna violencia. Este último efecto se consigue mejor cuando se sorprende abierto el orificio faringeo de las trompas.

¹ Véase la página 153.

Funciones de la cadena de huesecillos. Las vibraciones de la membrana timpánica pudieran transmitirse á la de la ventana oval por una varilla ósea de una sola pieza, pero el hecho de componerse de cuatro articuladas entre sí no puede ser más oportuno á los fines de la audición. La cadena de huesecillos, con sus músculos motores, constituyen un aparato para transmitir y modificar las vibraciones: éstas ganan en energía y pierden en amplitud.

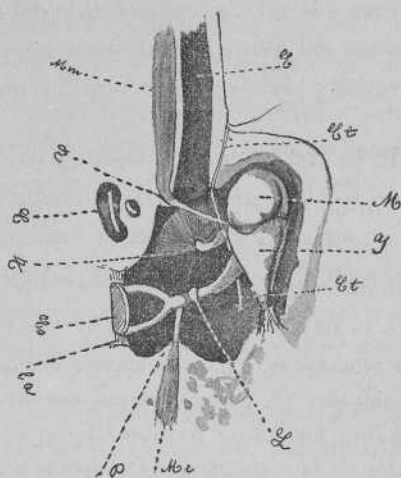


Figura 70.

Oído medio visto desde arriba y diseñado semiesquemáticamente ¹.

La cadena empieza en el martillo, cuyo mango se inserta en la membrana del tímpano y termina en el estribo que se aplica á la ventana oval: el yunque se articula doblemente con el martillo (articulación en gínglimo) ² y con el estribo (artrodia). El lenticular es un pequeño hueso intermedio entre el yunque y el estribo.

¹ E, trompa de Eustaquio; Ct, cuerda del tambor; M, martillo; Y, yunque; L, lenticular; Me, músculo del estribo; P, pirámide; la, ligamento anular del estribo; Es, estribo; T, membrana del tímpano con la inserción del mango del martillo; C, corte del caracol; Mm, músculo del martillo; R, su tendón reflejo. (Dibujo del Dr. Fornes.)

² Enartrosis según Tillaux.

Toda la cadena figura una palanca articulada, cuyo eje de rotación antero-posterior corresponde á la línea que reúne la apófisis delgada del martillo y la rama horizontal de yunque: de esta suerte, cada vez que la membrana del tímpano se mueve hacia dentro, húndese la base del estribo en la ventana oval. Según cálculos de Bernstein, las vibraciones llegan reforzadas al estribo en treinta veces su valor, y muy menguadas de amplitud, con lo cual la cadena de huesecillos aparece con una doble función: 1.^a, encauzar las vibraciones; y 2.^a, evitar las oscilaciones horizontales.

La articulación del martillo con el yunque representa una palanca angular con dos brazos desiguales: uno largo, el mango del martillo, y otro corto, la rama vertical del yunque. Á consecuencia de esta desigualdad, los movimientos, cuando se transmitan de aquél á éste, perderán en velocidad lo que ganen en fuerza.

El martillo, fijo á la membrana del tímpano por su mango, está suspendido por dos ligamentos (uno anterior y otro posterior) que limitan sus movimientos y le permiten oscilar de fuera adentro. Cuando la membrana se mueve hacia dentro, el mango del martillo la sigue en la misma dirección; pero la cabeza bascula en la contraria, ó sea hacia fuera y un poco arriba. El yunque, cuando la cabeza del martillo se dirige hacia fuera, es empujado hacia dentro; mas para comprender este antagónico movimiento, es preciso que se figure el lector á la superficie articular del martillo como un excéntrico con relación al yunque: tiene aquélla, en efecto, un reborde óseo en su parte inferior, y este reborde rechaza el yunque hacia dentro cuando la cabeza bascula hacia fuera. En cambio los movimientos del martillo en sentido inverso (oscilación de la cabeza hacia dentro y del mango con la membrana hacia fuera) no los sigue el yunque, gracias á separarse las superficies articulares, por ser muy laxos los ligamentos.

Los movimientos del estribo son muy limitados ¹, porque la

¹ Según los experimentos de Helmholtz, de $\frac{7}{18}$ á $\frac{1}{14}$ milésimas de milímetro.

laxitud de su articulación con el yunque es tal, que, aun cuando éste se mueva exageradamente, aquél lo hace en grado mucho menor. Si la membrana del tímpano se mueve hacia dentro, el estribo se hunde en la ventana oval, pero no bascula horizontalmente, á menos que se contraiga su músculo.

Funciones de los músculos timpánicos. — Dos son los músculos que modifican la conducción de las vibraciones por la cadena: el músculo interno del martillo, que es tensor, y el del estribo, que es relajador de la misma. Cuando actúan sinérgicamente, atirantan la cadena de huesecillos, la prestan una gran elasticidad y evitan las brascas sacudidas; su antagonismo perfecciona la acomodación, en cuanto regula la tensión de la cadena, la del tímpano y la presión del estribo sobre la ventana oval.

El músculo del martillo pertenece á la clase de músculos reflejos: se inserta en un conducto óseo paralelo á la trompa de Eustaquio, y su tendón se refleja en el pico de cuchara, para dirigirse transversalmente de dentro afuera é insertarse en la parte anterior del mango del martillo, un poco por bajo de la inserción de los ligamentos suspensorios. Este tendón va envuelto en una vaina fibrosa no elástica, la cual sirve de ligamento tensor á la membrana del tímpano, y de aquí resulta, según dijimos, que la tensión de dicha membrana hacia dentro depende de dos factores: uno constante, la vaina del tendón, y otro variable, la contracción del músculo del martillo ¹. Dicho músculo recibe su inervación de la rama motora del trigémino.

El músculo tensor del tímpano tiene por principal función acomodar el oído medio á la conducción de toda clase de vibraciones, y, en segundo término, defenderle de los movimientos exagerados.

Por su dirección transversal de dentro á fuera, el tendón del

¹ Si abierta la caja se tira del tendón del músculo hacia dentro, la vaina se afloja. La sección de dicha vaina afloja la membrana del tímpano aunque quede íntegro el tendón del músculo (Toynbee, citado por Tillaux).

músculo del martillo atrae el mango de este hueso, y por ende el tímpano hacia dentro, es decir, hacia el laberinto, y exagera la tensión de dicha membrana. La reflexión del tendón presta exactitud al movimiento y evita que las vibraciones puedan conducirse por él á título de cuerda tensa.

Una tensión media del tímpano es favorable á la audición y se verifica cuando escuchamos; mas si la tensión se gradúa, la membrana pierde aptitudes vibratorias ¹, el oído se hace duro y se defiende de esta suerte de los sonidos muy intensos, sobre todo si son graves, que los agudos se siguen oyendo con igual claridad.

Helmholtz ha definido con su sagacidad acostumbrada el tensor del tímpano, diciendo de él que transforma los movimientos de gran amplitud y débil energía en movimientos de amplitud débil y fuerza grande.

El músculo interno del martillo, por la solidaridad que tienen en sus movimientos todos los huesos de la cadena, contribuye á aumentar la tensión de ésta.

El tensor del tímpano puede contraerse por mandato voluntario en algunas personas ², pero su acción es refleja, como la del iris. Cuando un sonido muy intenso viene á herir el oído, este músculo se contrae para defenderlo. También es instintiva ó refleja la tensión del músculo en la acción de escuchar.

Á la inversa del anterior, el músculo del estribo tiene por principal función defender el oído interno de las presiones bruscas de este hueso, y sólo cuando obra sinérgicamente con su antagonista contribuye á la acomodación.

El músculo del estribo se contiene en un conducto óseo y se refleja en ángulo recto sobre el vértice de la pirámide para insertarse en la cabeza del estribo: su acción se desarrolla en una línea transversal (de atrás adelante), como indica la flecha de la figura 71. El músculo del estribo recibe su inervación del facial.

¹ Gellé ha demostrado experimentalmente lo que en punto á aptitud para vibrar pierde una membrana cuando se exagera su tensión. (*Dictionnaire de Richet*.)
² La contracción del músculo produce un chasquido que se debe á la tensión brusca del tímpano.

Por su dirección transversal de atrás adelante, tira el músculo del estribo de su hueso hacia atrás y parece que debía separarle de la ventana oval; pero como está sólidamente fijo á ella y el tendón del músculo se refleja sobre la cabeza del estribo, resulta que lo que hace es bascular la base de este hueso, separándose su extremidad anterior de la ventana oval y hundiéndose en ella la posterior.

Al mismo tiempo que la cabeza del estribo es atraída hacia atrás, la rama vertical del yunque, que con dicha cabeza se articula, sigue el movimiento, y la articulación del yunque con el martillo bascula á su vez, dirigiéndose la cabeza de éste hacia dentro y el mango con la membrana del tímpano hacia fuera. En suma, la contracción del músculo del estribo produce un aflojamiento de la cadena, y ésta pierde su aptitud para transmitir las vibraciones tanto como gana cuando se contrae el músculo del martillo ¹. Es, pues, el músculo del estribo el protector por excelencia del oído; y así, cuando se paraliza por lesión del facial ó en la hemiplegia, los ruidos se hacen intolerables.

Funciones de la ventana oval. — Esta ventana es la única vía por donde penetran las vibraciones en el oído interno: la cadena de huesecillos con el estribo por extremo, se ha comparado por los autores al punzón de un fonógrafo que escribe las vibraciones en el líquido del laberinto. Me parece ingeniosa la comparación, y explotándola añadiré que la escritura en el agua no deja rastros, pues pasada la vibración el líquido recobra su equilibrio.

Funciones de la ventana redonda. — Niegan los otólogos, y á mi juicio con razón, que la membrana de la ventana

¹ Para demostrar cuánto influye la tensión de una cadena en la transmisión de los sonidos, Nuel aplica un extremo de la de un reloj al conducto auditivo; si está floja, el *tac-tac* no se oye. (*Dictionnaire de Richet*, t. 1, pág. 880.)

redonda transporte al laberinto las vibraciones del aire de la caja del tambor. Sobre que las vibraciones se transmiten tarde y mal desde las membranas tensas al aire, la rampa timpánica del caracol, con la que comunica la ventana redonda, está desprovista de elementos nerviosos impresionables. Para Tillaux¹, la ventana redonda juega á manera de resorte para desahogar al líquido del laberinto de la presión que la imprime el estribo. Los líquidos son prácticamente incompresibles, y como llenan el laberinto, quiere decir que la ola que nace en la ventana oval á cada sacudida del estribo, viene á morir en la ventana redonda. La figura 71 da completa idea de la marcha de las vibraciones por la caja y por el líquido del laberinto.

1 Tillaux: *Anatomía Topográfica*, t. I, pág. 130.

Lección LX.

Sentido del oído. (Continuación.)

Sumario: Funciones del oído interno. — Idem, en particular, del sáculo y del utrículo. — Idem íd. del caracol. — Órgano de Corti y membrana basilar. — Hipótesis de Helmholtz. — Conducción de los impulsos auditivos. — Centros auditivos del cerebro.

Funciones del oído interno. — El laberinto ú oído interno es tan complejo de estructura como de función; de las tres partes que le forman, el vestíbulo con el sáculo y el utrículo parecen destinados á la primera impresión de los sonidos, el caracol al análisis de los mismos, y los conductos semicirculares á producir impulsos nerviosos que influyen en la adaptación de los movimientos y en el equilibrio del cuerpo.

Todas las partes que forman el laberinto se encuentran llenas de líquido, y éste baña las células sensoriales del nervio auditivo. Encerrado el oído interno en el espesor del peñasco, no tiene más comunicación con el mundo exterior que la que le proporciona la ventana oval; á cada sacudida del estribo se engendra una ola que, después de agitar el sáculo y el utrículo y correr por los conductos semicirculares y el caracol, viene á morir en la ventana redonda que, como hemos dicho, juega á manera de resorte para restablecer el equilibrio.

Las cavidades óseas del laberinto son el vestíbulo, el caracol y los conductos semicirculares; pero inscritas en ellas se encuentran otras cavidades membranosas que sólo tocan á los huesos en los puntos por donde

penetran las ramificaciones del nervio auditivo. Mediante esta disposición, el laberinto es doble y dobles también las cavidades: unas se forman entre el conducto óseo y la pared membranosa, y están llenas de un líquido llamado *perilinf*a; otras se constituyen por las membranas y se encuentran llenas de otro líquido, la *endolinf*a.

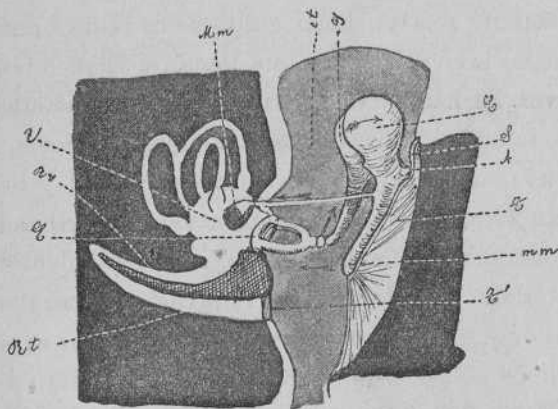


Figura 71.

Corte esquemático del oído, visto por del inte ¹.

La disposición del laberinto membranoso es regular en los conductos y en el caracol, pero en el vestíbulo se constituyen dos cavidades: la una, llamada *sáculo*, comunica con el conducto coclear del caracol; y la otra, *utrículo*, con los conductos semicirculares. La endolinf a del sáculo comunica con la del utrículo por un fino conducto, y, para decirlo de una vez, el líquido que llena el laberinto es solidario en sus movimientos, porque se comunica en todas las cavidades.

La parte fundamental del laberinto es el vestíbulo con sus sacos, pues aparece en todos los animales: los conductos semicirculares y el caracol son órganos de perfeccionamiento, y más éste que aquéllos, pues se le encuentra el último.

Entre los elementos nerviosos bañados por la endolinf a hallanse unos pequeños cristales de carbonato de cal, los *otolitos*, cuyas funciones se dis-

¹ T, membrana del tímpano; T', membrana de la ventana redonda; m m, mango del martillo; A, apófisis externa del martillo; C, cabeza del martillo; M m, sección del músculo del martillo; Y, yunque; c t, caja del tambor; R t, rampa timpánica del caracol; V, vestíbulo membranoso; R v, rampa vestibular; E, estribo. (Dibujo del Dr. Forn's.)

cuten en la actualidad: según unos, sirven para aumentar la fuerza del choque de la ola con las células sensoriales; para otros, amortiguarían el choque; y, en fin, hay quien cree que añadiendo su pequeña masa suprimirían las vibraciones consecutivas.

Funciones del sáculo y del utrículo. — Estas dos partes del vestíbulo reciben buen golpe de nervios auditivos y de primera mano las vibraciones que llegan á la membrana de la ventana oval. El hecho, ya referido, de constituir ellos solos el aparato de la audición de muchos animales inferiores, y la persistencia del oído después de destruirse el caracol y los conductos, les dan el carácter de fundamentales. Las vibraciones que llegan al vestíbulo despiertan el oído, pero sin que el sonido sea analizado. Para Helmholtz, esta impresión primera constituye el alerta para que los animales atiendan al mundo exterior.

Funciones del caracol. — La maravillosa estructura de este órgano ha hecho pensar á los fisiólogos que debe ser un aparato de análisis para los sonidos: el mecanismo de este análisis consistiría en una serie de cuerdas con distinta tonalidad, las cuales vibrarían al unísono con el tono fundamental y los armónicos del sonido que viniera del exterior. Sería el caracol á modo de arpa cuyas cuerdas entrarían en vibración según las solicitasen las vibraciones sonoras. En lo que no hay acuerdo es en señalar las cuerdas cuyas vibraciones simples impresionarían las células sensoriales: á raíz del descubrimiento de Corti, se pensó en los arcos que llevan el nombre del mismo autor; pero luego Helmholtz atribuyó la función analítica á las fibras de la membrana basilar, cuyo número y circunstancias convienen con las aptitudes del oído humano para la apreciación de los tonos.

El caracol recuerda bastante bien la forma de este molusco, y se constituye por un tubo cónico que describe dos vueltas y media de espira alrededor de otro tubo también cónico, que sirve de eje. El tubo elicoideo está dividido en dos porciones ó rampas por un tabique osteo-mem-

branoso: la parte interna de dicho tabique es ósea y se forma por la lámina espiral; y la externa, membranosa, recibe el nombre de membrana basilar. De las dos rampas en que resulta dividido el caracol, la una comunica con la ventana redonda y recibe el nombre de timpánica; y la otra dicha vestibular, con el vestíbulo. Del sáculo parte un conducto membranoso que se aloja en la rampa vestibular, sobre la lámina ósea y la membrana basilar: este conducto, llamado coclear, está lleno de endolinfa y contiene el órgano de Corti y las células sensoriales. El resto de la rampa vestibular (entre el conducto coclear y la lámina ósea) y la rampa timpánica están llenas de perilinfa. Recuérdese que la rampa timpánica no contiene elementos sensoriales.

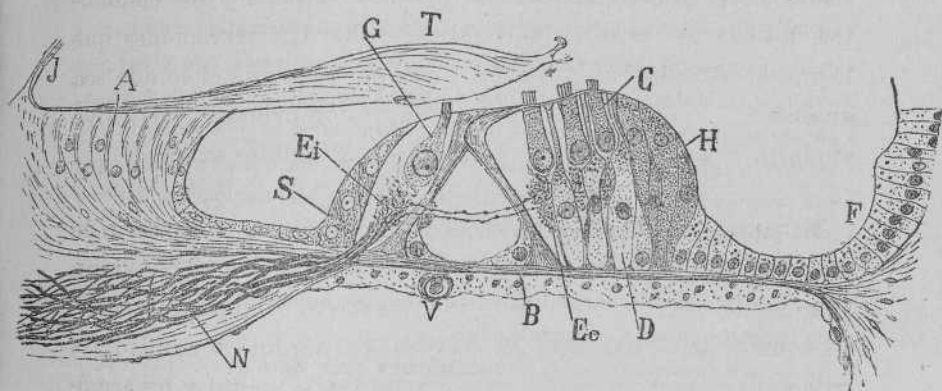


Figura 72.

Corte del órgano de Corti del hombre, según Retzius¹.

El órgano de Corti, tal como aparece en la figura 72, tiene la forma de un túnel, y se constituye por una armadura de pilares que, por su situación relativa al eje del caracol, se distinguen en internos y externos: dichos pilares se componen de células epiteliales que se insertan por abajo en la membrana basilar y se ensamblan unos con otros, por arriba, para constituir la bóveda del túnel. He aquí cómo describe Cajal² las terminaciones

¹ A, cresta espiral; B, membrana basilar; C, células ciliadas (auditivas) externas; D, células de sostenimiento (de Deister); Ei, manido nervioso espiral interno; Ec, manido nervioso espiral externo; H, células de apoyo de Hensen; N, nervio coclear por encima del ganglio (ganglio espiral ó de Rosenthal); T, membrana tectoria; V, vaso espiral; J, arranque de la membrana de Reissner.

² Cajal: *Elementos de Histología*, pág. 343.

nerviosas: « Por fuera de los pilares externos se encuentra una formación » epitelial, en la que se cuentan dos clases de elementos: unos de sostén, ó » células de Deister, y otros activos, ó sensoriales, que son células ciliadas. » El nervio coclear (rama de origen del auditivo) proviene de las células » bipolares del ganglio espiral del caracol: las expansiones terminales de » estas células van hacia el bulbo para constituir la raíz coclear del nervio » auditivo, que se relaciona con los núcleos acústico, ventral y lateral, » yacentes al lado externo del cuerpo restiforme, mientras que las expansiones ascendentes ó periféricas penetran por entre las dos hojas de la lámina espiral ósea, llevando una dirección radiada, ganan después la membrana basilar é ingresan, finalmente, en el epitelio del órgano de Corti.

» De lo expuesto resulta que el nervio coclear no es comparable al olfatorio. En la mucosa olfatoria, la expansión protoplasmática ó periférica » de las células bipolares se pone directamente en relación con el mundo » exterior, mientras que, en el órgano de Corti, esta misma expansión, » nacida también de corpúsculos nerviosos bipolares, se relaciona con una » categoría especial de elementos intermediarios, las *células ciliadas*, que » son las encargadas de recoger y transformar las ondulaciones acústicas. » Bajo este aspecto, el caracol membranoso se parece á la retina, donde se » halla también una clase especial de células colectoras, los conos y bastones, destinados á llevar la impresión luminosa á los corpúsculos bipolares yacentes en capa más profunda.»

En la membrana basilar se encuentra una serie de fibras transversales tensas y elásticas, cuya longitud aumenta desde la base al vértice del caracol en la proporción de 1 á 12.

Á juzgar por el aspecto y relaciones de la membrana tectoria, parece un apagador de los sonidos.

Carecemos de pruebas directas del mecanismo analítico del caracol, pero todo induce á pensar que en este órgano se verifica el análisis de los sonidos. Helmholtz sospechó primero en los arcos de Corti, seducido por su apariencia, para vibrar con distintos tonos, según su longitud, y por convenir el número de ellos con las aptitudes analíticas del oído humano. En efecto, nuestro oído extiende su análisis á siete octavas. Cada octava comprende 12 semitonos, y podemos distinguir próximamente 1,35 de semitono. Ahora bien: 7 octavas, multiplicadas por 12 se-

mitonos, hacen 84; y vuelto á multiplicar este producto por 35, resulta el número 2.940, casi igual al de arcos de Corti, que han sido calculados en 3.000.

Contra esta hipótesis se han levantado multitud de argumentos, entre los cuales citaré el de más peso: que las aves, cuyas aptitudes músicas son innegables, carecen de órgano de Corti. En vista de la oposición que tuvo su hipótesis, Helmholtz la modificó, traspasando á las fibras de la membrana basilar el papel que antes asignara á los arcos de Corti. Se da también la coincidencia, que el número de estas fibras se aproxima al de arcos, y que van aumentando de longitud progresivamente. Recuérdese que la tonalidad de una cuerda depende de su tensión y de su longitud, y que á tensión igual la longitud decide.

De todos modos, sean los arcos de Corti ó las fibras basilares las que vibren al unisono con las vibraciones simples que se contienen en el sonido que se analiza, habrá que convenir que cada una de dichas vibraciones simples impresiona á una célula sensorial y la síntesis se verifica en el cerebro.

En suma, la audición comprende: un primer tiempo de síntesis, en el que todas las vibraciones vienen á parar á la platina del estribo; un segundo de análisis, en el caracol; y un tercero de síntesis, en el cerebro. Hay que admirar la obra del Creador en el maravilloso aparato de la audición.

Conducción de los impulsos auditivos. — Los impulsos nerviosos auditivos se engendran, como hemos visto, en el sáculo, utrículo y caracol, y son conducidos por las fibras del nervio acústico hasta los núcleos del bulbo; desde aquí ascienden llevados por nuevas fibras, las cuales, después de cruzarse con las del lado opuesto, se relacionan con los tubérculos cuadrigéminos posteriores y cuerpos geniculados internos; luego, formando parte del manojó posterior de la cinta de Reil, de la oliva posterior y del cuerpo trapezoidal, llegan por la cápsula interna

y la corona radiante á la primera circunvolución temporal, en donde concluyen su jornada.

En los tubérculos cuadrigéminos y en los cuerpos geniculados, las fibras auditivas deben relacionarse con las ópticas; y en corroboración de este indicio, he aquí los hechos aducidos por los autores:

1.º El oído se debilita cuando se tapan los ojos. Esta observación de Urbantschitsch me la explico por la ruptura brusca de la asociación entre las dos clases de impulsos; porque cuando la vista falta de un modo permanente, lejos de embotarse, se aguja el oído; ejemplo, los ciegos.

2.º La asociación de las dos sensaciones es tan intensa en algunas personas, que determinados colores evocan determinados sonidos; v. gr., el amarillo recuerda el sonido de la trompeta (Landois).

3.º Los enfermos afectos de ceguera de los colores pierden la facultad de reconocer ciertos sonidos en relación á los colores que no perciben ¹.

Centros auditivos del cerebro. — Por acuerdo unánime de los datos experimentales y los que suministra la Clínica, los centros de la audición se localizan en la primera circunvolución temporal, bordeando la cisura de Silvio, en la playa opuesta al centro determinante del lenguaje.

La excitación del centro auditivo ocasiona movimientos que simulan la acción de atender; la destrucción de la circunvolución citada produce sordera, sólo que, por las dificultades de limitar las impresiones á un solo oído, se hace precisa la doble extirpación para obtener la seguridad de que el animal queda sordo.

Los experimentos de Ferrier, confirmados en todas sus partes por Horsley, son concluyentes para la localización del oído en la primera circunvolución temporal. Fueron practicadas en monos, que, por su viveza y superior instinto, son singularmente aptos para revelar los síntomas de las lesiones.

1 Con el nombre de audición coloreada se estudian curiosas asociaciones entre los sonidos y los colores; pero hasta la fecha, dichas asociaciones son particulares á determinadas personas, y no se prestan á un estudio general.

En los mamíferos inferiores los experimentos ofrecen más dificultades para su interpretación. Operando en conejos, yo no he podido comprobar más que enderezamiento de la oreja opuesta al hemisferio que excitaba en la región temporal con la corriente farádica.

En los carnívoros, Ferrier sitúa el centro auditivo en la porción posterior de la tercera circunvolución externa ¹, y en esta misma localización convienen las investigaciones de Luciani y Tamburini; pero Munk la amplía y extiende al tercio posterior de la primera y segunda. El fisiólogo alemán subdivide la región auditiva en centros distintos por sus funciones (sordera psíquica y cortical) ², y opina que no se produce sordera completa y permanente sino después de haber extirpado el tercio posterior de las tres primeras circunvoluciones.



Figura 73.

Cerebro de perro. La lesión del hemisferio izquierdo produjo hemipia en ambos ojos y sordera del oído derecho. (La preparación se fotografió cuando ya se había contraído mucho por el cloruro de zinc.)

No puedo avenirme con las conclusiones de Munk. He extirpado en varios perros los dos lóbulos occipitales, que equivalen á los tercios posteriores de las tres primeras circunvoluciones, y, sin embargo, los animales han conservado el oído. La perra ciega por doble lesión occipital, cuyo cerebro va representado en la figura 90, no estaba sorda, y, sin embargo, tenía destruída en ambos lados gran parte de la región señalada por Munk. En cambio la perra á que se refiere la figura 73 nos pareció sorda del oído derecho á cuantos la observamos: estaba lesionada en el

hemisferio izquierdo, y la destrucción comprendía la tercera circunvolución en todo su espesor. ¿Por qué esta perra mostrábase sorda de un lado cuando la citada anteriormente (también lesionada en la misma circunvolución) conservaba su habitual agudeza en el oído? Probablemente porque la segunda mitad del trayecto descrito por la tercera circunvolución se comparte entre las regiones auditivas (porción anterior ó temporal) y las visuales (porción posterior ú occipital). Compárense los dos cerebros que van representados en las antedichas figuras: la lesión de la tercera cir-

¹ Esta región corresponde á la primera circunvolución temporal en el cerebro del mono.

² Los términos de sordera psíquica y cortical tienen un valor análogo á los centros de representación y de proyección, que más adelante se definen al tratar de las localizaciones ópticas.

cunvolución en los dos hemisferios de la figura 90 es más posterior que la señalada en la misma circunvolución del hemisferio izquierdo en la figura 73.

Antes de concluir este relato debo llamar la atención de los lectores sobre la vecindad de las regiones visuales y auditivas. ¿No es cierto que esta vecindad es el sello de las íntimas relaciones que hemos venido notando entre los dos aparatos?

Los datos suministrados por la Clínica y la Anatomía patológica confirman para el hombre los que producen las vivisecciones. En los casos de sordera congénita se han encontrado atrofiadas las primeras circunvoluciones del lóbulo temporal, y la lesión de las mismas se acompaña de turbación del oído ó de sordera. Sin embargo, Gowers llama la atención sobre lo transitorio de la sordera cuando es producida por la lesión de un solo lado, y se inclina á la explicación de que en tales enfermos se restablece la audición por el centro del hemisferio opuesto. La explicación es tanto más probable, cuanto que sin contar con la comisura inter-hemisférica (cuerpo calloso) es el aparato nervioso auditivo el que más extensamente se relaciona con su congénere.

Lecção LXI.

Sentido del oído. (Conclusión.)

Sumario: Sensaciones auditivas. — Dirección y distancia de los sonidos. — Apreciación de la intensidad. — Idem del tono. — Idem del timbre. — Sensaciones subjetivas. — Idem entóticās. — Ilusiones y alucinaciones. — Audición biauricular. — Funciones de los conductos semicirculares. — Sentido del espacio.

Sensaciones auditivas. — Las impresiones auditivas las refiere la conciencia al exterior, tanto si son promovidas por vibraciones aéreas, como si se engendran en el interior del propio oído.

Ya hemos dicho que este sentido analiza las vibraciones, y en efecto, apreciamos la dirección, intensidad, tono y timbre de los sonidos.

Dirección y distancia de los sonidos. — La apreciación de la dirección en que nos llegan los sonidos, así como la distancia de donde proceden, es el resultado de un juicio en que intervienen datos suministrados por el oído, tacto é impresiones musculares.

Por lo que hace á las impresiones auditivas, son más intensas las que se reciben del plano anterior, gracias á la disposición de los pabellones, y hieren también con más intensidad uno ú otro oído, según que procedan de la derecha ó de la izquierda. Á estas impresiones se añaden otras táctiles, porque, tanto las orejas

como las membranas timpánicas, gozan de exquisita sensibilidad¹; y por último, intervienen las impresiones musculares de los músculos de la cadena y las de los del cuello, pues instintivamente la cabeza se mueve en la dirección de los sonidos para recibirlos mejor.

Para la apreciación de las distancias juzgamos por la intensidad, dada la que conocemos por experiencia de los diversos sonidos. Así, por ejemplo, el silbido de una locomotora que dista un kilómetro, nos impresiona con más intensidad que el movimiento de un reloj que tenemos al alcance de la mano, y, sin embargo, juzgamos que la locomotora está lejos y el reloj cerca porque tenemos experiencia de la intensidad de sus respectivos sonidos.

Apreciación de la intensidad. — El hombre juzga de ella por la mínima que aprecia á una distancia dada ó comparando la de unos sonidos con otros; así le parece más intenso el de más amplias vibraciones. La intensidad puede medirse separando poco á poco un reloj situado en el plano medio anterior, hasta que deje de percibirse su movimiento; luego no hay más que medir la distancia. Otro procedimiento consiste en arrojar una bolita de corcho, de peso conocido y á una altura determinada, sobre una mesa de cristal; en este último caso, el límite de intensidades, apreciables para la generalidad de los hombres, está en el sonido que produce una bolita de corcho de un miligramo de peso, cayendo de un milímetro de altura (Schafhäutl).

Cuando las intensidades se miden por comparación de dos sonidos análogos, que vienen de la misma distancia, pero con diferente intensidad, pueden distinguirse amplitudes que son entre sí como los números 72 y 100.

Para la apreciación de la intensidad, aparte de la distancia, influye la dirección, según hemos visto al tratar de ésta. La dirección debe tenerse muy en cuenta en los experimentos.

¹ Sin embargo de este papel, asignado por los autores á la sensibilidad de la membrana del tímpano, debo advertir que los perros á quienes he perforado las dos membranas seguían apreciando la dirección de los sonidos.

Apreciación de los tonos. — La facultad de percibir los tonos es muy extensa, pues abarca desde 16 vibraciones por segundo (sonido más bajo), á 16.000 (sonido más alto); pero en estos límites extremos el análisis se hace muy difícil, por lo cual convienen los autores en fijarlos entre 33 y 4.500 vibraciones por segundo ¹.

Los sonidos muy bajos producen una sensación táctil é impresionan desagradablemente el oído. El *do* de los grandes órganos ², el *do* 1 del piano (18 vibraciones) y el *mi* 1 del contrabajo (20 vibraciones), son tonos poco agradables por lo graves. El *re* 6 de la flauta de orquesta (4.750 vibraciones) se percibe perfectamente ³. Helmholtz afirma que la educación puede mucho en la finura del oído, pero es impotente para extender los límites de la apreciación de los tonos más allá de los que hemos señalado.

Por intervalo de dos tonos se entiende la relación que existe entre su número de vibraciones: esta relación es un quebrado, cuyo numerador lo constituye el número mayor, y el denominador el menor. La fórmula es $\frac{n}{m}$, y, por tanto, el intervalo entre dos tonos es siempre el mismo cualquiera que sean sus alturas; ó de otro modo, entre el *do* y el *re* de la primera octava hay la misma relación numérica que entre el *do* y el *re* de la séptima.

Cuando los sonidos se emiten sucesivamente y son consonantes, el resultado es una *melodía*, y si son simultáneos y armónicos producen una *armonía*.

Entre los intervalos consonantes, los hay que lo son mucho, como la octava ($\frac{2}{1}$), la quinta ⁴, la tercera mayor y la cuarta, y fueron los primeros que conocieron y usaron los antiguos para sus cantos melódicos; después se añadieron nuevos intervalos consonantes, y con todos ellos se compuso la escala musical llamada gamma, porque esta letra griega señalaba la primera nota, ó sea el tono fundamental, la que hoy llamamos *do*.

Al principio, todas las notas se señalaron con letras griegas; pero un fraile benedictino, llamado Gui de Arezzo ⁵, las substituyó por las iniciales

¹ En los números que preceden y siguen nos referimos á vibraciones alemanas que son dobles que las francesas, pues los alemanes cuentan por vaivenes y los franceses por idas y venidas, siempre en el supuesto de comparar las vibraciones sonoras á las de un péndulo.

² Los grandes órganos poseen ocho octavas, una más que el piano, y por tanto, el *do* 1 de éste es la octava del primer *do* de aquél.

³ Despretz ha podido apreciar con sus diapasones hasta el *re* 9, que corresponde á 38,019 vibraciones.

⁴ Después de la octava la consonancia más justa es la quinta.

⁵ Imbert: *Physique biologique*, Paris, 1895, pag. 300.

de los primeros versículos de la epístola de San Juan, y resultó la escala musical tal y como la conocemos.

Tono fundamental.	2. ^a mayor.	3. ^a mayor.	Cuarta.	Quinta.	6. ^a mayor.	Séptima.
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$
<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>

Á partir de esta escala fundamental se construyen otras en progresión infinita.

Los músicos de fino oído llegan á distinguir $\frac{1}{64}$ de semitono, casi el doble de lo que se deduce de la hipótesis de Helmholtz sobre el caracol; pero el ilustre físico explica el hecho suponiendo que no vibrarían las fibras basilares de igual modo en toda su longitud, sino que, según la altura de los sonidos, vibrarían más ó menos y darían ocasión á un análisis más delicado.

Apreciación del timbre. — Es tan completo el análisis que hace nuestro oído, que no sólo apreciamos el tono fundamental, sino también los parciales que dan carácter al sonido. Helmholtz, sirviéndose de los resonadores, ha logrado analizar y sintetizar estos sonidos parciales, demostrando que á la impresión de ellos se debe la sensación de timbre.

No me cansaré de ponderar la maravillosa mecánica del oído humano: descompone los sonidos en sus elementos simples, y luego los sintetiza y los percibe como un todo, pero conservando sus caracteres. No tenemos conciencia del análisis que se verifica en el oído, mas gozamos de todas sus ventajas.

Sensaciones subjetivas. — Por cuanto la conciencia refiere al exterior todas las sensaciones acústicas, pueden resultar dos fuentes de errores: 1.^a, en los casos en que los ruidos tomen origen en el mismo aparato de la audición; 2.^a, cuando los evoca ó los cambia la imaginación. En los primeros casos, las sensaciones subjetivas se llaman *entóticas*, y en los segundos, *alucinaciones*.

é *ilusiones*: estas dos últimas clases corresponden, de ordinario, al estado patológico.

Sensaciones entóticas. — Los latidos de las arterias, las contracciones bruscas del músculo interno del martillo, los cambios de presión en el aire del tímpano, etc., engendran vibraciones y son causa de sensaciones entóticas. Uno de los ejemplos más curiosos de sensación entótica con ilusión, lo produce el miedo; toda persona atribulada que teme la venida de alguna otra, oye, como pasos, los latidos de sus propias arterias.

Para el caso de los latidos, el oído interno lo compara Nuel á un manómetro muy susceptible á los cambios de presión.

Afortunadamente para nosotros, las vibraciones de origen interno no se transmiten tan fácilmente como las que vienen del exterior; y además, nuestra atención se encuentra solicitada durante la vigilia por los mil ruidos exteriores: de otro modo, padeceríamos con las sensaciones entóticas.

Alucinaciones é ilusiones del oído. — En la alucinación no existe sonido alguno que justifique el que oye el enfermo, y en la ilusión el sonido es real, pero de ninguna manera tiene el carácter que aquél le presta. Un ejemplo de alucinación lo ofrecen los delirantes cuando en el silencio de la noche creen oír voces que les hablan, y de ilusión, cuando atribuyen el carácter de música deliciosa al ruido del viento ó el de voz humana al murmullo de las olas del mar.

En ambos casos la causa del delirio hay que buscarla en el cerebro, no en el oído, y el factor que interviene es la imaginación.

Audición biauricular. — De ordinario se oye por los dos oídos, y cuando los sonidos son múltiples y simultáneos aprécianse con este doble carácter y con diversa intensidad por cada uno de los oídos, según la dirección en que vengan. Sin embargo,

un músico experimentado distingue por el timbre, tono é intensidad, un sonido entre otros muchos que se produzcan, y así vemos á los directores de orquesta dirigirse con seguridad al músico que ha desafinado.

Si el sonido es único, aunque se percibe por los dos oídos, y sin duda con diversa intensidad por cada uno de ellos, produce una sola sensación. Este hecho tiene dos explicaciones posibles: ó por experiencia anterior la conciencia hace de las dos sensaciones una, ó las células cerebrales de ambos lados se conmueven al unísono, gracias á estar unidas por fibras comisurales. Cuando se producen dos sonidos idénticos y simultáneos, no se oye más que uno; pero á poco que se diferencien entre sí, aprecia el oído la diferencia y se oyen los dos. El caso varía para dos sonidos poco diferentes cuando un oído está tapado: entonces no se oyen dos, sino uno solo, que resulta de la combinación de ambos.

Funciones de los conductos semicirculares. — Es muy dudosa la participación que tienen en las funciones auditivas, mas en cambio es evidente la que toman en el mantenimiento del equilibrio del cuerpo y en la coordinación de los movimientos. Por esta causa los impulsos nerviosos que se engendran en los conductos semicirculares merecen el nombre de *impulsos de acomodación*; éstos provienen de la impresión que reciben las células ciliadas de las crestas auditivas y se transmiten por la rama vestibular ¹ del nervio acústico hasta el encéfalo, en donde surten sus efectos para la acomodación.

Los conductos son tres: superior, posterior y externo, y están orientados de suerte que marcan las tres direcciones del espacio. Su temprana apari-

1 La rama vestibular se compone de cilindros-ejes de las células del ganglio de Escarpa. Estas células tienen dos expansiones polares: una periférica que se dirige á la *mácula acústica* del utrículo y crestas de los conductos semicirculares, y otra central que constituye la raíz vestibular del nervio acústico y se termina en el bulbo, en los ganglios de Deiters y Bechterew. (R. Cajal, *Histolog.*, pág. 345).

ción en la serie animal, lo bien desarrollados que están en los peces y las relaciones que tienen con la vejiga natatoria de estos animales, son indicio de sus funciones. En el mantenimiento del equilibrio las impresiones laberínticas juegan un papel insustituible, pero no exclusivo, pues, como veremos más adelante, intervienen las visuales y las táctiles, y por cierto que no pueden ser más estrechas las relaciones de estos tres aparatos sensoriales en los centros nerviosos.

Los movimientos y cambios de posición del cuerpo transfórmanse en variaciones de presión de la endolinfa sobre las diversas ampollas, y este estímulo basta para que las células sensoriales produzcan impulsos aferentes. Cuando los conductos se dividen, faltan estos impulsos normales y los movimientos se trastornan. Por lo general se producen convulsiones de los globos oculares ¹ y vértigos con tendencia á la rotación; ésta se verifica en los animales alrededor de un eje perpendicular al del conducto dividido ².

En la ordenación de los reflejos de acomodación influyen el bulbo, la protuberancia, el cerebelo y sus pedúnculos, y los túberculos cuadrigéminos. Con todas estas partes se relaciona la rama vestibular del nervio auditivo, y, por tanto, á todas ellas llegan impulsos nerviosos para influir en el concierto motor.

Sentido del espacio.—Los célebres experimentos de Flourens, de Goltz y de Cyon, sobre los conductos semicirculares, dieron pábulo á la creencia de que se había enriquecido la economía animal con un sexto sentido, el del espacio. Cosa estupenda parece que haya vivido la humanidad tantos siglos en la ignorancia de que poseía un sentido más sobre los cinco reconocidos por el hombre desde que tuvo conciencia de sí; y es que, en reali-

¹ En los conejos he observado que, cuando se hieren los conductos, se producen movimientos de vaivén en los ojos.

² De los tres conductos dos son verticales, el superior y el posterior, y otro horizontal, el externo: cuando éste último es el seccionado, el animal gira alrededor del eje vertical; y si es cuadrúpedo, verificará movimientos de manecilla de reloj.

dad, las impresiones laberínticas no aportan un nuevo orden de datos á la conciencia.

En este punto no hay más árbitro que la conciencia misma: sentir equivale á *yo siento*, y este *yo* consciente queda sin instrumento para las sensaciones después de la amputación ó anulación del cerebro, mientras que las impresiones del laberinto son aún efectivas para la coordinación de los movimientos en los animales sin cerebro.

De admitir el sentido del espacio, habría que considerarle con tantas mermas y distingos, que perdería su carácter sensorial. Todo el mundo tiene conciencia de la luz y de la obscuridad, del ruido y del silencio, del contacto ó de la falta de impresión táctil; pero de las impresiones del espacio, nadie tiene noción sino cuando las ha perdido. Y aun en este último caso, cuando *perdemos la cabeza* y el vértigo nos amenaza, la sensación es *de vacío*, de desorden y rotación de los objetos que vemos; en una palabra, como dice Cyon: «el desacuerdo entre el espacio visto y el espacio ideal.»

No poco influyen en el mantenimiento del equilibrio las impresiones que se engendran en los corpúsculos táctiles del mesenterio y de las vísceras del vientre, como lo demuestran la coexistencia del vómito y del vértigo en el mareo, y, sin embargo, no se ha ocurrido hacer de ellas un séptimo sentido.

Por todo lo cual, las impresiones laberínticas no son más que una parte del concierto reflejo que gobierna el equilibrio del cuerpo ¹.

1 Véase la lección LXXVI.

Leccción LXII.

Sentido de la vista.

Sumario: Sentido de la vista. — Dióptrica ocular. — Medios refringentes del ojo. — Refracción de los rayos luminosos por los medios del ojo. — Constantes ópticas de Gauss. — Focos y planos principales, puntos y planos principales y puntos nodales. — Aplicación de los seis puntos cardinales. — Ojo esquemático reducido. — Formación de las imágenes. — Angulo visual. — Fórmula para calcular el tamaño de la imagen.

Sentido de la vista.—Es el que nos proporciona relaciones más extensas y completas con el mundo exterior; por él apreciamos la luz y los colores, y, gracias á la combinación de estas impresiones elementales con los datos que nos suministran los demás sentidos, la forma, magnitud, distancia, reposo, movimiento, etc., de los objetos que nos rodean.

Para comprender las maravillas de la visión, precisa tener en cuenta las tres condiciones siguientes:

1.^a Que á la superficie del campo que abarca la visión corresponde otra superficie sensorial, la retina, cuyos elementos somato-cósmicos se impresionan por cada uno de los puntos luminosos del exterior.

2.^a Que dada la magnitud del campo visual y la pequeñez de la superficie retiniana, es indispensable que la imagen de aquél se proyecte en ésta más pequeña, y que estén muy próximos los elementos impresionables.

3.^a Que los impulsos nerviosos engendrados por las impresio-

nes retinianas se conduzcan al cerebro, para dar lugar al fenómeno de conciencia que llamamos sensación.

Á la primera condición responde la constitución histológica de la retina; á la segunda, el aparato de dióptrica que representa el globo ocular; y á la tercera, la organización de los centros visuales del cerebro.

Estudiaremos sucesivamente las funciones correspondientes á estas tres partes.

81 **Dióptrica ocular.** — Si por arte de imaginación, y en obsequio á la sencillez, despojamos el aparato ocular de todos sus accesorios de corrección, acomodación y defensa, se nos queda reducido á una cámara fotográfica con sus cuatro factores: 1.º, un objetivo para refractar los rayos luminosos que vienen del objeto y proyectar su imagen en la retina; 2.º, un diafragma para graduar la luz y rechazar los rayos marginales; 3.º, una cámara oscura; y 4.º, una pantalla impresionable en donde se pinta la imagen.

El objetivo ocular lo representan los medios refringentes del ojo, y principalmente el cristalino; el diafragma es el iris; la cámara oscura, la membrana uveal ó coroides; y la pantalla sensible, la retina; mas todas estas partes, con excepción de la retina, son movibles, y de aquí resulta que, sin moverse el aparato ni la pantalla, la imagen se pinta siempre en la retina, cualquiera que sea la distancia del objeto (acomodación); y sin cambiar diafragmas, el iris, estrechando ó dilatando la abertura pupilar, gradúa la intensidad de la luz (dosificación de la luz).

El ojo es un cuerpo casi esférico, elástico y consistente, que se encuentra suspendido en la cavidad orbitaria por una serie de músculos que le mueven en todas direcciones. Por su forma esférica se consideran en él, como en el globo terrestre, un eje, un ecuador, dos polos y diversos meridianos.

El globo ocular se compone de una corteza sólida y un contenido líquido ó semilíquido; la corteza se forma por tres membranas encajadas una

dentro de otra y que de fuera adentro son: la esclerótica, la coroides y la retina; las tres tienen forma esférica, pero ninguna de las esferas es completa.

La esclerótica se completa por delante por otra membrana, la córnea ó cristal del ojo, que representa un casquete de esfera, pero de radio menor que la esfera que figura la esclerótica.

La coroides se compone de dos capas: una que mira hacia el centro del ojo, teñida en negro por pigmento y se llama úvea, y otra en contacto con la esclerótica, muy rica en vasos y en fibras musculares, y es la corioide. La esfera que la membrana úveo-corioidea representa también es incompleta, y al llegar á los límites de la córnea se desdobra en sus dos hojas: la más interna, ó uveal, sigue la forma esférica primitiva y se continúa con el iris, que está perforado en el centro por una abertura, la pupila; la hoja externa ó corioidea se espesa y forma una serie de cojinetes prismáticos, llamados procesos ciliares; y sus fibras musculares, siguiendo la dirección del meridiano del ojo, constituyen el músculo tensor de la coroides ó de Brücke.

Entre el iris y la córnea queda un espacio, llamado cámara anterior del ojo, lleno de un humor, el acuoso.

La tercera membrana ó retina se adosa á la úvea y se compone de dos porciones fisiológicamente distintas: una posterior, que alcanza hasta el ecuador y que está provista de elementos somato-cósmicos ó impresionables; y una anterior, llamada zona de Zinn, que carece de los dichos elementos. Por su distinta estructura, á simple vista se distinguen las dos porciones.

El contenido del ojo le forman dos humores y un cuerpo sólido transparente; éste último es el cristalino encerrado en su cápsula: de los dos humores, el vítreo es transparente, tiene consistencia de clara de huevo, está encerrado en una membrana sin estructura, la hialoides, y ocupa la mayor porción de la cavidad ocular, desde la cristaloides posterior á la retina; el humor acuoso merece con justicia este adjetivo, pues es claro como el agua. Ya hemos dicho que ocupa la cámara anterior del ojo; de donde se deduce que el cristalino, con su cápsula, se encuentra entre el humor acuoso y el vítreo.

Medios refringentes del ojo.—Enumerados por orden son: las lágrimas que bañan la superficie anterior de la córnea, la dicha córnea, el humor acuoso, el cristalino con su cápsula y el humor vítreo. La luz tiene que atravesar todos estos medios

antes de alcanzar á la retina, y para conocer la desviación ó refracción que experimenta en este tránsito precisa conocer el índice de refracción de los dichos medios, la forma de las superficies refringentes y las distancias entre ellas.

Índices de refracción de los medios del ojo.

Aire = 1

Córnea.....	1'337	Cristalino '.....	1'454
Humor acuoso.....	1'337	Humor vítreo.....	1'337

La córnea tiene la forma de un casquete de elipsoide ligeramente oblicuo, pero de ordinario se la considera esférica y su radio de curvatura es de 8 milímetros en su superficie anterior.

El cristalino tiene la forma de una lente biconvexa esférica ², cuya superficie posterior es de más curvatura que la anterior. El radio de curvatura de la superficie anterior es igual á 10 mm.; y el de la posterior, á 6 mm.

En cuanto á las distancias entre las superficies refringentes, las que interesan son estas dos: entre el vértice anterior del cristalino y el de la córnea, 3'7 mm.; y entre los vértices anterior y posterior del cristalino, 3'6 mm ³.

Refracción de los rayos luminosos por los medios del ojo.—Esta refracción tiene por objeto concentrar los rayos luminosos en la retina, para que la impresión resulte más viva y precisa. El ojo humano no es, en rigor, un sistema dióptrico centrado; pero en la práctica, y para las necesidades del estudio, puede considerársele como si lo fuera.

Supuesta la centralización, y dados los datos que preceden,

1 Las capas periféricas del cristalino tienen en el adulto un índice igual á 1'405, las intermedias á 1'429 y el núcleo á 1'451: estas cifras son menores en los niños.

2 En realidad, la superficie anterior tiene la forma de un segmento de elipsoide cuya revolución se hubiera verificado sobre su eje menor; y la posterior, la de un casquete de revolución de un paraboloide. (Brücke, citado por Landois.)

3 Estas distancias se refieren al estado de reposo del ojo y cambian con los movimientos de acomodación. También varían los radios de curvatura del cristalino, cuando el ojo se acomoda al punto próximo. Véase más adelante *Acomodación*.

fácil es trazar teóricamente la derivación que experimentan los rayos luminosos al atravesar los diversos medios refringentes. A este objeto puede simplificarse mucho el problema reduciendo todos los medios refringentes á tres dióptricos esféricos, ó á uno solo, y adoptando los seis puntos cardinales ó constantes ópticas de Gauss.

En efecto, si se tiene en cuenta que las láminas de la córnea son paralelas y no ocasionan por lo mismo más que una ligera desviación á los rayos luminosos que la atraviesan ¹; y de otra parte, que las lágrimas, la córnea y el humor acuoso tienen el mismo índice de refracción, pudieran fundirse los tres medios en uno que se extendiera desde la cristaloides anterior hasta la superficie anterior de la córnea.

Por tanto, conocidos los radios de curvatura de la córnea y superficies del cristalino, y los índices de refracción de los tres medios (lágrimas, córnea, humor acuoso, cristalino en totalidad, y humor vítreo), se tienen todos los datos para el problema.

La adopción de los seis puntos cardinales ó constantes ópticas de Gauss permite trazar *à priori* la marcha de los rayos luminosos á través de los medios del ojo. He aquí el nombre, situación y funciones de los dichos puntos:

Focos principales. — Cuando los rayos luminosos que hieren la superficie refringente vienen de un punto remoto (prácticamente del infinito), son paralelos al eje principal ², y después de la refracción se reúnen en un punto situado sobre el dicho eje; á este punto de reunión se le llama foco principal, y, como se encuentra detrás de la superficie refringente, *foco principal posterior*: Dicho foco se encuentra á 22 y 23 mm. del vértice de la córnea (prácticamente en la retina). Al plano que pasa por el foco principal posterior se le llama segundo plano focal.

Á la inversa: si suponemos que los rayos luminosos proceden

¹ El rayo refractado sale paralelo al incidente.

² Llámase eje principal la línea que pasa por el centro óptico ó centro de curvatura y por el vértice de la superficie refringente.

del interior del ojo y vienen paralelos al eje principal, después de refractarse se reunirán delante de la córnea, en un punto situado sobre el dicho eje principal: este punto recibe el nombre de *foco principal anterior*, y el plano que pasa por él, *primer plano focal*: se encuentra á 12,92 mm. delante del vértice de la córnea.

Llámanse distancias ó longitudes focales anterior y posterior las que separan respectivamente el foco anterior del primer punto principal y el foco posterior del segundo punto principal: la primera vale 14,86 mm., y la segunda 19,87 mm.

Puntos principales. — Son dos, uno anterior y otro posterior, y se designan respectivamente con los nombres de primero y segundo; á los planos que pasan por dichos puntos se les nombra *primero* y *segundo planos principales*.

Los puntos principales se encuentran sobre el eje, en el humor acuoso; el primero á 1,94 mm. y el segundo á 2,36 mm. por detrás de la córnea ¹.

Puntos nodales. — Son también dos, anterior y posterior, y se designan respectivamente como primero y segundo. Encuéntrense ambos sobre el eje principal; el primero á 6,96 mm. y el segundo á 7,37 mm. por detrás del vértice de la córnea; por tanto, corresponden los dos al interior del cristalino, más cerca de la cristaloides posterior que de la anterior.

Aplicación de los seis puntos cardinales. — Para la construcción de los rayos refractados es preciso seguir las siguientes reglas:

1.^a Todo rayo incidente que pase por el foco principal anterior sale paralelo al eje después de refractado; y, por el contrario, si entra paralelo al eje, después de la refracción pasa por el foco principal posterior.

1. Todas las cifras que preceden se refieren al ojo en reposo, y disminuyen cuando se juega la acomodación.

2.^a Todo rayo luminoso que toca en un punto al plano focal anterior después de refractado, sale paralelo al eje secundario que pasa por dicho punto ¹.

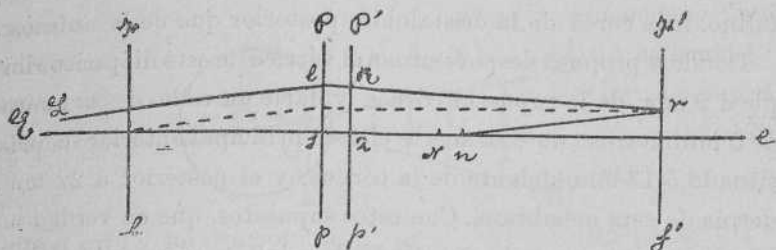


Figura 74.

Construcción de los rayos refractados, con arreglo á los seis puntos cardinales ².

3.^a Todo rayo luminoso que toca en un punto el primer plano principal, corta al segundo en otro equidistante del eje principal; de donde se deduce que, para construir el rayo refractado, basta trazar una paralela á dicho eje, á partir del punto en donde el incidente toca el primer plano principal.

4.^a Á todo rayo incidente cuya prolongación pasa por el primer punto nodal corresponde un rayo refractado que le es paralelo y pasa por el segundo punto nodal.

Ojo esquemático reducido. — Á partir del hecho de la proximidad de los dos puntos principales y nodales, Listing tuvo la ocurrencia de simplificar la dióptrica del ojo, suponiéndole

1 Llámase eje secundario ó línea de dirección al rayo luminoso que, cualquiera que sea el punto de donde venga, pasa por el centro óptico ó punto nodal único. Recuérdese que los rayos que pasan por el centro óptico no cambian de dirección.

2 *Be*, eje principal; *Ff*, plano focal anterior; *Pp*, primer plano principal; *P'p'*, segundo plano principal; *1* y *2*, puntos principales; *N, n*, puntos nodales; *F'f'*, plano focal posterior. El rayo incidente *Ll* es paralelo á la línea *nr* trazada, á partir del segundo punto nodal; y en cuanto al rayo refractado *L'lr*, nótese que toca á los planos principales en puntos equidistantes del eje. La línea punteada indica la dirección de un rayo incidente que pasara por el foco anterior, y después de refractado, resultaría paralelo al eje. De esta suerte, al punto *Z* corresponde el punto *r*.

reducido á un solo medio refringente de índice igual al del humor acuoso, cuyo punto principal único coincidiría con el vértice de la superficie refringente, y el punto nodal único ó centro óptico con el centro de curvatura. El centro óptico corresponde al cristalino, más cerca de la cristaloides posterior que de la anterior.

Donders propuso después situar el vértice de este dióptrico simple á 2 mm. de la supuesta córnea y darle un radio de curvatura de 5 milímetros: de esta suerte el foco principal anterior se halla situado á 13 mm. delante de la córnea, y el posterior á 22 mm. detrás de esta membrana. Con estos supuestos, que en verdad no se apartan mucho de la exactitud, Landolt y otros autores han construído aparatos para estudiar experimentalmente la óptica del ojo.

Formación de las imágenes. — Las imágenes de los objetos exteriores pintanse invertidas en la retina, según se deduce *à priori* de los antecedentes teóricos que acabamos de considerar, y se demuestra experimentalmente con la cámara fotográfica y con el propio ojo. Tómese un ojo de vaca, ó mejor de un conejo, adelgácese la esclerótica por detrás y engástese el globo en la abertura de la cámara obscura: entonces, si se pone delante la luz de una bujía, se verá por transparencia su imagen invertida. En el mismo ojo humano, cuando está poco pigmentado, es posible, según Beaunis, demostrar la inversión de la imagen; para ello, colóquese al sujeto en una cámara cuyas paredes estén pintadas de negro, hágase mirar hacia afuera con un ojo, teniendo el otro cerrado, y pásese la luz de una bujía por el lado externo. El observador colocado al lado interno podrá ver la imagen invertida de la bujía á través de la esclerótica.

Ángulo visual. — Recibe este nombre el que forman los rayos luminosos que parten de los extremos del objeto al cortarse en el centro óptico. Por oposición se llama ángulo de refracción, ó de la imagen, el que forman la prolongación de los

rayos anteriores al separarse del centro óptico. Los dos ángulos son opuestos por el vértice, pues lo tienen común en el centro óptico, y de su relación se deduce el tamaño de la imagen retiniana.

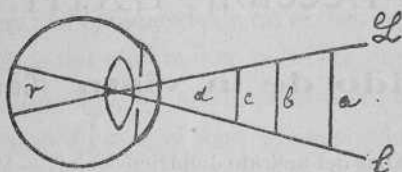


Figura 75.
Ángulo visual¹.

A los dos rayos luminosos límites que forman el ángulo visual se les da el nombre de líneas de dirección.

El tamaño de la imagen retiniana depende del objeto y de la distancia á que se encuentra, según se deduce de la relación del ángulo visual. He aquí la fórmula:

$$T = \frac{T' d}{D}$$

En cuya fórmula, D representa la distancia á que se encuentra el objeto del centro óptico, y d la distancia del dicho centro á la retina (15 mm.), T' el tamaño del objeto, y T el de la imagen que se busca.

Ahora bien: como nosotros juzgamos del tamaño de un objeto por el de su imagen retiniana, habida cuenta de la distancia á que se halla, nos parece pequeño por lo lejano un astro, pese á su inmensa magnitud, y grande un objeto pequeño visto de cerca. En una palabra: juzgamos tamaño por distancia y distancia por tamaño, y sólo teniendo en cuenta entrambos datos es como podemos apreciar cualquiera de ellos.

¹ Las líneas de dirección L y l limitan el ángulo visual d , y por sus prolongaciones el de refracción r . La figura enseña cómo objetos a , b y c , de distintos tamaños, pueden producir una imagen de la misma magnitud, por encontrarse á distancias diferentes.

Lección LXIII.

Sentido de la vista. (Continuación.)

Sumario: Anomalías del aparato dióptrico ocular. — Miopía. — Hipermetropía. — Círculos de difusión. — Acomodación: pruebas de su existencia. — Mecanismo de la acomodación. — Acción del músculo ciliar, de los procesos ciliares y del ligamento suspensorio del cristalino. — Amplitud de la acomodación. — Gobierno nervioso de la acomodación. — Técnica: determinación del punto remoto.

Anomalías del aparato dióptrico ocular. — En el ojo normalmente constituido, los rayos luminosos que por venir desde muy lejos caen paralelos al eje principal forman su foco en la retina, y, por tanto, el punto remoto de la visión se encuentra prácticamente en el infinito. Á este ojo normal se le llama *emétrope*.

La emetropía depende de una combinación feliz del poder refringente de los medios del ojo y de la longitud del eje antero-posterior que marca la posición de la retina. El ojo normal en estado de reposo se encuentra acomodado naturalmente para objetos muy lejanos (figura 76.)

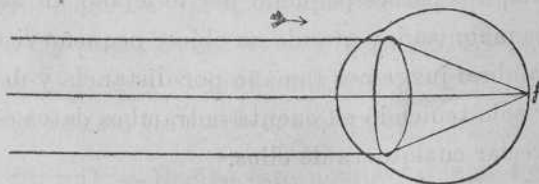


Figura 76.

Esquema del ojo emétrope¹.

1 El foco f corresponde á la retina.

Reciben el nombre genérico de *ametropía* los defectos de organización del ojo por los que resulta que el foco de los rayos luminosos que vienen del infinito no coinciden con la retina, sino que corresponden delante ó detrás de esta membrana: cuando cae por delante el defecto, se llama *miopía*; y si detrás, *hipermetropía*.

La miopía (figura 77) depende de un exceso en el poder refringente de los medios del ojo (menor radio de curvatura ó mayor índice de refracción) ó de un alargamiento del eje antero-posterior del ojo: en ambos casos el foco corresponde por delante de la retina, y el punto remoto de la visión distinta á una distancia mayor ó menor, pero siempre limitada y por delante de la córnea.

La hipermetropía (figura 78) debe su origen á un defecto de refringencia de los dióptricos oculares (mayor radio ó menor índice de refracción) ó á un acortamiento del eje antero-posterior del ojo; por entrambas causas, el foco corresponde detrás de la retina y el punto remoto es negativo.

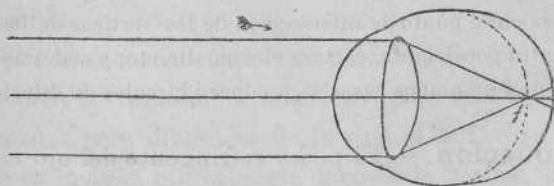


Figura 77.

Esquema del ojo miope ¹.

Para que la visión sea distinta es preciso que la imagen se pinte exactamente en la retina, ó lo que es lo mismo, que los haces de rayos luminosos que parten de cada uno de los puntos del objeto formen su foco en la dicha membrana: si ésta se encuentra delante ó detrás del foco, cada punto luminoso se verá

¹ El foco f corresponde delante de la retina.

como la sección de un cono (ó sea un círculo), la imagen del objeto se pintará difusa y la visión no será clara. Á los círculos formados por los haces de rayos que parten de cada uno de los puntos del objeto se les llama *de difusión*, y su génesis no puede ser más sencilla.

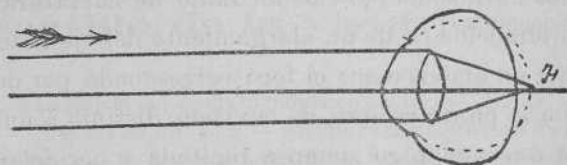


Figura 78.

Esquema del ojo hipermetrope ¹.

El haz de rayos luminosos de cada punto del objeto forma un cono cuyo vértice es el punto de reunión ó foco, y á partir de éste divergen y continúan su dirección, formando otro cono: en junto, la trayectoria de los rayos luminosos con sus prolongaciones constituyen dos conos unidos por el vértice. Para que la visión sea distinta, hace falta que la retina esté en el foco, ó sea en el punto de intersección de los vértices de los dos conos; si se encuentra por delante, cortará el cono directo; y si detrás, el cono de prolongación; y en ambos casos se producen círculos de difusión.

Acomodación. — El poder refringente del ojo en absoluto estado de reposo alcanza á formar foco en la retina con los rayos luminosos que vienen de puntos situados entre el infinito y los 64 metros. Por esta razón se dice que el ojo emétrope ó normal se encuentra acomodado naturalmente al infinito, y á esta acomodación natural se la llama *estática*.

Pero nosotros podemos distinguir claramente los objetos situados entre el infinito y los 125 mm., y, por tanto, es preciso que la convergencia aumente para concentrar sobre la retina los rayos luminosos que vienen de una distancia menor de 64 me-

¹ El foco *F* cae detrás de la retina.

tros. Este poder de acomodación del ojo lo podemos presupuestar fácilmente sin más que figurarnos que, por un cambio dinámico, el aparato dióptrico ocular ha ganado en poder refringente. Este aumento de refringencia constituye lo que se llama *acomodación dinámica*.

Pruebas de la acomodación. — Dos experimentos muy sencillos nos convencen de la existencia de la acomodación, y uno de ellos nos indica su mecanismo.

El primero se conoce con el nombre de Scheiner, y consiste en abrir con un alfiler, en una tarjeta, dos agujeros situados en una línea horizontal y separados por un intervalo menor que el diámetro de la pupila; á través de estos orificios mírese un alfiler colocado verticalmente y que esté iluminado por la luz de una bujía. En estas condiciones, si miramos el alfiler le percibimos claramente; pero si fijamos la vista en un objeto situado delante ó detrás de él, le vemos doble.

La teoría de este fenómeno se explica fácilmente. Cuando miramos el alfiler, es decir, cuando acomodamos la vista á la distancia á que se encuentra colocado, le vemos perfectamente, por que su imagen corresponde á la retina; pero si acomodamos el ojo á más ó menos distancia de la que el alfiler se halla, los puntos de su imagen no formarán foco en la retina, sino detrás ó delante de ella, y, por tanto, con círculos de difusión; mas como son dos las aberturas de la tarjeta, los círculos son dos, y doble la imagen del objeto.

En el caso en que la imagen es doble por acomodarse el ojo á una distancia mayor que la del alfiler, tapando el orificio izquierdo de la tarjeta desaparece la imagen derecha, y viceversa; pero si la duplicidad de imágenes depende de una acomodación á distancia menor, desaparece la imagen del mismo lado del orificio que se obtura. Todo ello, porque instantivamente referimos las imágenes que se pintan en un lado de la retina á objetos situados al lado opuesto del campo visual.

El segundo experimento, que prueba la acomodación y da idea de su mecanismo, consiste en la producción de las imágenes de Purkinje-Sanson.

Si en una cámara oscura (una habitación oscura pintada con negro de humo) se invita á un sujeto á que fije la vista, y por el lado externo del ojo se proyecta una luz viva con una inclinación tal que forme con el eje óptico un ángulo de 30° , el observador, colocado del otro lado, percibirá tres imágenes del foco de luz: la primera es muy viva, derecha, virtual, y se debe á la reflexión de la luz sobre la superficie anterior de la córnea; la segunda es aún mayor que la anterior, también derecha y virtual, pero más desvanecida, y se debe á la reflexión sobre la superficie anterior del cristalino; la tercera es la más pequeña de las tres, más brillante que la segunda y menos que la primera, invertida y real; se origina por la reflexión de la luz en la superficie posterior del cristalino.



Figura 79.

Imágenes de Purkinje-Sanson 1.

La córnea representa un espejo convexo que refleja la imagen de los objetos exteriores con un tamaño proporcionado á su curvatura ² (8 mm.), como que precisamente este tamaño sirvió á Helmholtz para calcularla. La cristaloide anterior figura también un espejo convexo; y como radio de curvatura es mayor que el de la córnea (diez milímetros), la imagen es mayor. La

cristaloide posterior refleja la luz como espejo cóncavo ³, y por eso produce imagen real é invertida; pero como tiene menor radio de curvatura (6 mm.), dicha imagen es la más pequeña de las tres.

1 1.^a, imagen directa corneal; 2.^a, ídem directa de la superficie anterior del cristalino; 3.^a, ídem refleja de la superficie posterior del cristalino.

2 Los espejos convexos producen una imagen virtual, derecha y con tamaño proporcionado á su radio de curvatura.

3 Los espejos cóncavos producen una imagen real invertida del mismo lado y más pequeña que el objeto, cuando éste se encuentra situado más allá del centro de curvatura.

Si en estas condiciones se invita al sujeto á que fije la vista en un objeto próximo, obsérvese que la imagen primera ó corneal no cambia de posición ni de magnitud; que la segunda ó cristalina anterior disminuye sensiblemente de tamaño y se acerca á la imagen corneal, y que la tercera ó cristalina posterior se hace también más pequeña y no cambia de lugar. En consecuencia, no sólo se prueba la acomodación por las imágenes de Purkinje-Sanson, sino que se aprende que en su mecanismo interviene un abombamiento del cristalino, abombamiento que produce indudablemente un aumento en el poder refringente del ojo ¹.

Mecanismo de la acomodación. — La acomodación del ojo á las distancias próximas se debe á cambios de forma y de posición del cristalino, de los cuales resulta un aumento de convergencia; dichos cambios se deben á la acción del músculo ciliar, que funciona entre automática y voluntariamente. En orden secundario, intervienen en la acomodación los movimientos activos y pasivos del iris.

El hecho de que algunos operados de cataratas (extracción del cristalino) se manejen bastante bien sin el auxilio de cristales convergentes, ha reproducido modernamente alguna de las antiguas hipótesis sobre la acomodación.

Se ha supuesto que á falta de lente cristalina puede verificarse la acomodación por un aumento de curvatura de la córnea, ó por mayor refringencia del humor vítreo ó por un alargamiento del eje antero-posterior del ojo; pero como ninguna de esas suposiciones ha sido confirmada por la experiencia, los oculistas convienen en que la facultad de acomodar el ojo al punto próximo se pierde con el cristalino; si algunos operados de cataratas logran ver medianamente sin gafas, es porque el instinto, aguijo-

¹ En la visión próxima el radio de curvatura de la superficie anterior del cristalino cambia de 10 mm. á 6, diferencia en menos 4 mm.; y el de la superficie posterior, de 6 á 5'5, diferencia en menos 0 mm,5. A consecuencia de este cambio de forma, el espesor del cristalino aumenta en 0 mm,4, y en la misma distancia se aproxima la cristaloide anterior á la córnea.

neado por la necesidad, les enseña ciertos artificios para corregir su defecto, ó tal vez porque aprenden á descifrar las imágenes que confusamente se pintan en sus retinas.

Para comprender la acción del músculo ciliar precisa fijar bien su situación, la del cristalino, la de los procesos ciliares y la del ligamento suspensorio ó zónula de Zinn.

El músculo ciliar se constituye por las fibras musculares de la coroides; tiene su inserción fija, por delante, en el punto de unión de la esclerótica con la córnea, entre el borde fibroso del conducto de Schlemm y la inserción del iris; por detrás, las fibras musculares se pierden en la coroides, y según Shoen algunas de ellas tienen una prolongación tendinosa que alcanza hasta el nervio óptico.

El músculo ciliar se compone de tres capas: la externa, más espesa, se compone de fibras meridianas, dirigidas de delante atrás; las de la capa media son radiadas; las internas son circulares y forman un anillo paralelo á la base de la córnea (Rouget).

El cristalino se encuentra fijo por su ligamento suspensorio ó zónula de Zinn, y como encerrado en el marco que la forman los procesos ciliares.

He aquí cómo describe Landolt ¹ el ligamento suspensorio: «Las fibras de la zona de Zinn toman su origen al nivel de la *ora serrata* en la parte ciliar de la retina, y más principalmente en la membrana limitante. La mayor parte de ellas provienen, sin embargo, del espacio comprendido entre los procesos ciliares, y algunas veces de los dichos procesos. Estas fibras de la zona de Zinn están situadas por delante y se dirigen directamente á la cara anterior del cristalino. Las más cortas tienen una dirección meridiana, se atan á las dos superficies del cristalino y allí se funden con la cápsula. Pero á excepción de las fibras más anteriores, que se dirigen en línea recta hacia la cara anterior, y de las fibras posteriores, que van directamente á la posterior, las demás se cruzan entre sí de tal suerte, que las que vienen de atrás se insertan en la superficie anterior, y las de delante en la posterior.»

Los procesos ciliares se encuentran por dentro del músculo ciliar y constituyen en su conjunto una corona de pliegues que se dirigen de atrás adelante, hacia el eje del ojo. Se distingue en cada proceso ciliar una raíz

1 Landolt: *Traité d'Ophthalmologie*, t. III, pág. 148. (Cita de Richet.)

adherente al músculo del mismo nombre y un borde libre que se divide en dos partes ó crestas: la anterior, más corta, mira á la cara posterior del iris; la posterior, más larga, está soldada á la zona de Zinn. El punto de reunión de estas dos crestas constituye la arista ó vértice del proceso, y no está en contacto directo con el cristalino, sino que se encuentra por delante y separada de él por una distancia de 0mm,5.

Es, pues, por el intermedio del ligamento suspensorio, y no de los procesos ciliares, como obra el músculo ciliar sobre el cristalino.

Dos teorías completamente opuestas se han dado para explicar la acción del músculo ciliar en la acomodación. La primera, sostenida por Müller, Rouget y Fick, supone que al contraerse el músculo comprime el cristalino por el intermedio de los procesos ciliares, y de esta compresión resulta el abombamiento y aumento de refringencia de la lente. La segunda teoría se debe al genio de Helmholtz, y ha recibido completa sanción experimental; de ella resulta que el cristalino, como los pulmones, no realizan jamás durante la vida su forma natural, sino que se encuentra violentado y aplanado por las tracciones opuestas del ligamento suspensorio; en cuanto por la contracción del músculo ciliar se afloja el dicho ligamento suspensorio, el cristalino, por elasticidad, recobra su posición natural abombada y se dirige hacia adelante la cristaloide anterior. De otro modo, el cristalino se halla estirado por el ligamento suspensorio como una tela elástica en su bastidor, y el músculo ciliar relaja el ligamento y devuelve á la lente su forma natural.

Numerosos experimentos han sancionado la teoría de Helmholtz, y entre ellos merecen citarse los de Hensen y Voelckers, los cuales han demostrado directamente en ojos de perro, de gato, y aun de cadáveres humanos, que la contracción del músculo ciliar relaja el ligamento suspensorio del cristalino, porque el dicho músculo tira de la coroides hacia delante.

Cuando el ojo se acomoda á las distancias próximas, la pupila se contrae y el iris se abomba hacia adelante; el primer movimiento es activo y se debe á la contracción de las fibras circula-

res del iris; el segundo es pasivo y efecto del cambio de forma de la cristaloides anterior. Al abombarse ésta, el humor acuoso es comprimido; pero como los líquidos son incompresibles, la presión va de rechazo sobre las márgenes del iris, y por eso se proyecta hacia delante el borde pupilar.

Amplitud de la acomodación. — Hemos dicho que existe una acomodación estática, la que posee el ojo en estado de reposo, y una acomodación dinámica, la que puede procurarse por la acción del músculo ciliar. Esta última significa un aumento de convergencia y equivale á una lente convergente que se añadiese al ojo en reposo. Á la distancia á que éste se acomoda en estado de reposo se le llama *punto remoto* (R); y á la que se procura la visión distinta haciendo uso de su poder de acomodación, *punto próximo* (P). Para un emétrope, el punto remoto está en el infinito y el próximo á 0^m,125. Esta enorme distancia constituye el campo de acomodación; pero no debe confundirse este campo con el *amplitud de acomodación*, pues ésta no juega sino á partir del punto en que el ojo en reposo comienza á hacer uso de su poder de acomodación hasta que ésta llega á su máximo, prácticamente unas 8 dioptrías ¹.

Sustituyendo el punto remoto por su símbolo $\frac{1}{R}$ y el próximo por el suyo $\frac{1}{P}$, tendremos que la acomodación dinámica será $= \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$. La totalidad de la refracción dinámica, ó sea la diferencia anterior, la podemos representar por una lente positiva que tenga por símbolo $\frac{1}{D}$; de donde

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$$

¹ La dioptría es una unidad práctica acordada en el Congreso de Oftalmología celebrado en Bruselas el año de 1875. La dioptría se obtiene por el símbolo de la distancia focal de la lente $\frac{1}{f}$ cuando dicha distancia es $= 1$ metro: la fórmula será $\frac{1}{1} = 1$. Esta es la dioptría, y puede definirse el cociente de la división de la unidad por la distancia focal conve-

En el ojo emétrope el poder de acomodación será $\frac{1}{D} = \frac{1}{P} - \frac{1}{\infty}$, puesto que el punto remoto es el infinito, de lo cual resulta la acomodación dinámica $\left(\frac{1}{D}\right)$ igual al punto próximo $\left(\frac{1}{P}\right)$. La visión distinta en un ojo emétrope alcanza á objetos situados á 0m,125, ó sea 8 dioptrías $\left(\frac{1}{0'125} = 8 \text{ dioptrías}\right)$.

Para el ojo miope la fórmula será: $\frac{1}{D} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$; pero como el punto remoto puede valer 0m,2 y el próximo 0m,05, resulta la diferencia igual á 15 dioptrías $\left(\frac{1}{0'05} = 20 \text{ dioptrías}; \frac{1}{0'2} = 5 \text{ dioptrías}; \text{diferencia}; 15 \text{ dioptrías}\right)$.

Para el ojo hipermétrope, como el punto remoto es negativo, la fórmula será $\frac{1}{D} = \frac{1}{P} - \left(-\frac{1}{R}\right)$; de donde se saca que la aptitud de la acomodación en los sujetos hipermétropes es igual á la suma del punto próximo $\frac{1}{P}$ y remoto $\frac{1}{R}$. En efecto;

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{P} - \left(-\frac{1}{R}\right) = \frac{1}{P} + \frac{1}{R}.$$

Gobierno nervioso de la acomodación. — La acomodación supone un reflejo concertado, cuyo punto de partida es la impresión que causa en la retina una imagen confusa, y el efecto la contracción de los músculos ciliar y esfínter de la pupila. Entrambos reciben inervación del motor ocular común, si bien, como veremos al tratar del iris, los movimientos de cada uno de los citados músculos están servidos por núcleos y filetes nerviosos distintos.

No sólo cada músculo recibe sus fibras nerviosas especiales, sino que, á juzgar por los experimentos de Hensen y Voelckers, cada porción de músculo recibe su nervio, y puede contraerse aisladamente. Quizá esta circunstancia dé explicación al hecho de poder corregir su defecto los que padecen astigmatismo, mediante procurarse un aumento de refringencia

nida (un metro). Si la distancia focal vale 0m,5 la fórmula $\frac{1}{0,50}$ nos dará 2 dioptrías; si es $\frac{1}{0,33}$, 3 dioptrías; $\frac{1}{0,25}$, 4 dioptrías, etc., etc.

del cristalino en el meridiano de menor curvatura; dicho aumento parcial deberíase á una contracción, también parcial, del músculo ciliar.

Técnica. Determinación del punto remoto. — Al efecto, nos servimos en el laboratorio del optómetro de Badal¹, aparato que sirve á la vez para medir aproximadamente la agudeza visual, y puede aplicarse al reconocimiento del astigmatismo.

Este optómetro consta de un tubo, que puede fijarse horizontalmente sobre un pie vertical; dicho tubo lleva en una de sus extremidades una lente de 16 dioptrías (0m,0625 de distancia focal), y por la opuesta recibe por enchufe otro tubo, que á su vez lleva en el extremo una pantalla, en la cual va la escala tipográfica y una serie de corazones de naípe francés de diversos tamaños. Una cremallera, movida por un tornillo, permite introducir más ó menos un tubo dentro del otro, y por tanto, alejar ó aproximar la escala para que su imagen pueda corresponder delante, detrás ó en la retina. La situación del punto remoto será la que corresponda á la imagen de la escala cuando el sujeto explorado distinga claramente los caracteres sin necesidad de hacer uso de su poder de acomodación. Á este fin, debe comenzarse la exploración proyectando la imagen á una pequeña distancia, para que el sujeto tenga necesidad de hacer uso de la acomodación, y luego se aleja poco á poco hasta que, relajado el músculo ciliar, se encuentra el punto remoto.

Por fuera del tubo fijo va una escala, que marca en dioptrías el exceso ó defecto del poder refringente; colocado en el cero el indicador, señala la emetropía, y para la miopía ó hipermetropía se acerca ó se aleja la pantalla.

Para reconocer el astigmatismo se adiciona al tubo fijo un casquete ó diafragma que lleva una abertura lineal; haciendo girar el casquete, se sitúa la hendidura en la dirección del meridiano que se desee explorar y se procede por comparación con los demás.

1 Los optómetros son aparatos destinados á la determinación del punto remoto, á favor de un mecanismo que permite dar á los rayos incidentes todos los grados de convergencia y divergencia apetecibles.

Leccción LXIV.

Sentido de la vista. (Continuación.)

Sumario: Aberración de esfericidad. — Aberración cromática. — Astigmatismo regular é irregular. — Reconocimiento del astigmatismo. — Fenómenos entópticos y modo de apreciarlos. — Funciones del iris. — Gobierno nervioso de los movimientos del iris.

Aberración de esfericidad. — Si los medios refringentes del ojo, y en especial la córnea, se limitasen por superficies esféricas perfectas, los rayos luminosos homocéntricos procedentes de un punto luminoso no se reunirían después de refractados en un solo foco, sino que los que pasaran por las márgenes de las dichas superficies sufrirían mayor desviación que los centrales y formarían su foco antes que éstos. Este defecto de las lentes esféricas, que también lo es del ojo humano, recibe el nombre de aberración de esfericidad ó monocromática, y se corrige en la industria con el uso de diafragmas que impiden el acceso de los rayos marginales. Por lo que hace al ojo, la aberración de esfericidad persiste, pero reducida á un efecto apenas notable en la visión normal. He aquí las tres circunstancias favorables que posee el aparato ocular para defenderse de la aberración monocromática:

1.^a El iris funciona á modo de diafragma é impide la penetración en el ojo de los rayos marginales. Este diafragma es movable automáticamente, y como veremos luego, acondiciona el diámetro de la pupila á la cantidad de luz y á la distancia á que se encuentra el objeto.

2.^a La córnea no es una superficie esférica, sino elipsoidea, y por tanto, la curvatura disminuye desde el centro á las partes marginales.

3.^a La composición del cristalino es tal, que el índice de refracción disminuye desde el núcleo central á la periferia; de donde se sigue que los rayos marginales sufren menos refracción que los centrales.

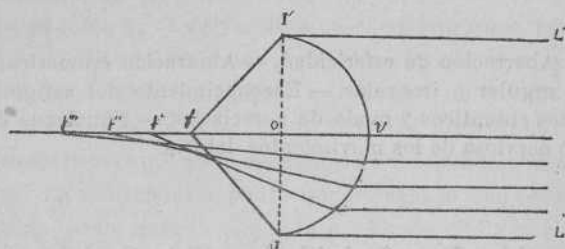


Figura 80.

Aberración de esfericidad.

La figura muestra la serie de focos que sobre el eje principal van formando los rayos refractados por una superficie esférica: el primero, ó más cercano á la superficie refringente, le forman los rayos marginales Ll y $L'l'$ y sucesivamente lo van formando más lejos los rayos que se aproximan al centro. Á la línea formada por la sucesión de puntos focales se la llamará *cáustica por refracción*. (Los puntos f , f' , f'' y f''' en la figura 80.)

Aberración cromática. — Como su nombre indica, se refiere á los colores y tiene un origen análogo á la aberración de esfericidad. Los siete colores elementales ó vibraciones simples que se contienen en la luz blanca gozan de diferente refrangibilidad á partir del rojo, que es el menos refrangible, hasta el violeta, que lo es más; por tanto, en las lentes esféricas ordinarias los rayos de diferente color no se reúnen en un solo foco, sino que lo forman sucesivamente, á partir del violeta hasta el rojo, y

la imagen del objeto resulta irisada. En la industria se corrige este defecto construyendo las lentes con sustancias de diverso índice de refracción y combinándolas de suerte que resulten acromáticas (combínase el cristal *flint*, que es muy dispersivo, con el *crown*, que lo es poco). Además úsase de diafragmas para rechazar los rayos marginales.

Por las condiciones que ya hemos referido de los medios transparentes del ojo, y por la circunstancia de estar muy próximos los focos del violeta y del rojo ¹, resulta aquél prácticamente acromático para la visión distinta.

En ciertas circunstancias aparecen coloreadas las imágenes, y esta irrisación sirve de prueba de la aberración cromática del ojo. Tal sucede cuando se mira la luz de una bujía á través de un cristal de azul de cobalto, que sólo deja pasar los rayos rojos y violetas: si fija la vista á una distancia dada se aleja la bujía, el ojo, acomodado á una distancia menor, da motivo á una imagen con el centro rojo y la periferia violeta, y al contrario si se acerca la bujía. Dos superficies rojas y dos violetas, trazadas sobre un plano y á la misma distancia, parecen más próximas las primeras, porque el ojo se acomoda mejor para las rojas que para las violetas ².

Astigmatismo.— Del griego α , privativo y $\sigma\tau\acute{\iota}\gamma\mu\alpha$, marca, signo ó punto, significa que los rayos homocéntricos no se reúnen en un punto porque sufren diversa refracción al atravesar la superficie refringente. En rigor, esta definición comprende la aberración esférica, y para distinguirla de ella se aplica la palabra *astigmatismo* á los casos particulares en los que la diversa refringencia se debe á diferente curvatura de los meridianos de la superficie refringente.

La superficie de la córnea y las dos del cristalino distan mucho de ser regularmente esféricas, y esta circunstancia, favora-

¹ Según Helmholtz, el foco del violeta se encuentra en el ojo esquemático de Listing á 20,140 mm., y el del rojo á 20,524 mm.; diferencia, 0mm,384.

² Beaunis, obra citada, t. II, pág. 506.

ble para impedir las aberraciones de esfericidad y cromática, es adversa por el astigmatismo que ocasiona, pues es claro que el radio de curvatura variará en las diversas direcciones.

La córnea en particular, figura un elipsoide con tres radios diferentes en los tres meridianos, y por esta causa el ojo normal es astigmático. Pero este astigmatismo, cuando no excede de ciertos límites, apenas turba la visión; en cambio, si se exagera produce una grave perturbación y cae en los dominios de la Patología. Excusado es advertir que el astigmatismo puede ocurrir lo mismo en los ojos emétopes que en los miopes é hipermétropes.

El astigmatismo puede ser regular é irregular: se da el primero cuando los radios de curvatura, aunque variables en cada meridiano, son constantes para cada uno de ellos; y el irregular, si los dichos radios varían en los diversos puntos de los meridianos. Estudiaremos el regular, por ser el más fácil de entender.

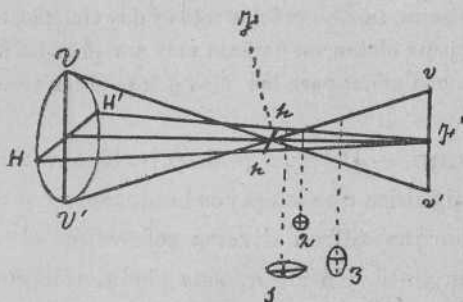


Figura 81.

Astigmatismo regular.

Supongamos, para explicar el astigmatismo regular, que la superficie refringente, la córnea, por ejemplo, tenga mayor curvatura en el meridiano vertical $V V'$ que en el horizonte $H H'$ (figura 81). En estas condiciones, los rayos que hieran la superficie refringente en el meridiano vertical formarán su foco antes que los que se refracten menos en el meridiano horizontal; los primeros en F y los segundos en F' . Quiere decir, que si colocamos una pantalla ó suponemos la retina en los diversos puntos intermedios entre los dos focos, la imagen del punto luminoso se verá por

círculos de difusión y con distinta forma según que se aproxime al foco anterior ó posterior; en el primer caso (figura 81) se verá como línea horizontal ($h h'$); en el último, como línea vertical más larga que la anterior ($v v'$): detrás de la línea horizontal, como elipse con el eje mayor transversal (1); inmediatamente después, como círculo (2); y delante de la línea vertical, en figura de elipse con el eje mayor vertical (3).

Reconocimiento del astigmatismo. — Cuando el astigmatismo es muy pronunciado, el mismo sujeto lo denuncia con los defectos de su visión; mas si es débil ó precisa graduarlo, hay que acudir á ciertos procedimientos de estimación. El astigmatismo depende las más veces de la córnea; y para reconocerle, el mejor procedimiento es el de la *eskiascopia* ¹, inventado por Cuignet y aplicado con éxito por Landolt y otros oftalmólogos. Y por cierto que este método sirve á la vez para reconocer la emetropía, miopía ó hipermetropía del ojo.

He aquí sucintamente el referido procedimiento ²:

Si se ilumina el fondo del ojo con un oftalmoscopio de espejo reflector plano y el ojo es perfectamente emétrope, se ve la pupila roja en toda su extensión; pero si la luz del espejo se dirige poco á poco hacia el centro de la pupila, el aspecto cambia según que se trate de ojo miope, hipermetrópe ó astigmata. Cuando es miope, la pupila se ilumina poco á poco, comenzando por el borde opuesto á aquel de donde procede la luz del reflector; si es hipermetrópe, la iluminación empieza por el mismo borde iluminado; y, en fin, si es astigmata y se pasea el reflector por los diversos meridianos, el aspecto cambia en cada uno de ellos. Añadiendo cristales correctores (segmentos cilíndricos muy refringentes por el lado de la curvatura y no refringentes por el lado de la sección), se averigua, no sólo cuál es el meridiano que causa el astigmatismo, sino también su grado. Este procedimiento tiene la ventaja, sobre los demás, de ser puramente objetivo y no contar para nada con las sensaciones del sujeto ³.

Fenómenos entópticos. — La conciencia refiere al exterior las impresiones retinianas, aunque sean producidas por obje-

¹ Del griego *σκιάζω*, sombra, bosquejo.

² Para más detalles, véase el *Dictionnaire* de Richet, t. I, pág. 788.

³ Ya hemos dicho cómo se reconoce el astigmatismo con el optómetro de Badal.

tos situados en el interior del ojo ó en la propia retina. Á las impresiones engendradas en el aparato ocular se les llama entópticas.

Las impresiones entópticas reconocen por origen los cuerpos opacos ó semiopacos que interceptan los rayos de luz que van á impresionar á los elementos sensibles de la retina y que, por tanto, proyectan su sombra sobre ella. Si en el estado normal estos cuerpos no se perciben, es porque ni su opacidad es completa ni su tamaño tan grande que turbe la visión; pero como los medios transparentes del ojo no lo son en absoluto, y los vasos de la retina se encuentran por delante de la capa sensible (conos y bastones), no hay individuo que deje de sentir los efectos entópticos si se coloca en condiciones aparentes para ello.

Los cuerpos opacos que originan los fenómenos entópticos se encuentran unas veces sobre la superficie de la córnea (granos de polvo, lágrimas), otras en el humor acuoso (moco), otras en el cristalino (rayas, estrías) y otras, en fin, en el humor vítreo. En ciertos casos estos cuerpos están fijos, y en otros flotan y dan lugar al fenómeno que se llama de las moscas volantes, pues producen la ilusión de insectos de esta clase que se moviesen en el campo visual.

Los vasos de la retina se perciben por la sombra que proyectan sobre la capa sensible, y también pueden notarse los glóbulos rojos en forma de puntos brillantes que se mueven siempre en la misma dirección.

Para percibir la sombra de los cuerpos opacos que se hallan en los medios del ojo, basta concentrar con una lente convergente los rayos de la luz de una bujía y proyectarlos sobre un pequeño orificio abierto en una tarjeta. Mirando á través del dicho orificio y suponiendo que la bujía se encuentre situada en el foco anterior del ojo, los rayos luminosos salen paralelos después de la refracción, y al ser interceptados por los cuerpos opacos resultan sombras proporcionadas á su tamaño. Moviendo la luz, los cuerpos que se encuentran en el plano de la pupila no cambian de lugar; los que se hallan por delante se mueven en la misma dirección, y los de detrás en la dirección contraria.

Para percibir la circulación retiniana se aconsejan por los autores multitud de procedimientos. He aquí dos muy fáciles de ejecutar: — Se concentran con una lente los rayos solares y se proyectan sobre la esclerótica, lo

más lejos posible de la córnea: en estas condiciones, si el sujeto mira un fondo negro, ve rojo el campo visual y sobre él se proyecta la red de sombras que figuran los vasos. Mirése el cielo á través de un orificio pequeño abierto en una tarjeta é imprímase á ésta un movimiento de vaivén: la red vascular se destaca sobre el fondo claro y se mueve á compás del orificio.

Funciones del iris. — El iris es un diafragma muscular perforado por una abertura, la pupila, y como ésta puede estrecharse (miosis) ó dilatarse (midriasis), juega un papel principal, regulando la cantidad de luz que penetra en el ojo, y otros no menos importantes en la acomodación y en la corrección de las aberraciones de refrangibilidad.

El estrechamiento de la pupila se debe á la acción de un esfínter formado de fibras circulares lisas, pero de contracción casi tan rápida como la de los músculos estriados; la dilatación parece que debía depender de otras fibras radiadas antagonistas de las anteriores, pero semejantes fibras no han podido demostrarse.

La pupila no se encuentra en el centro del iris, sino un poco hacia el lado interno, precisamente en la dirección del eje visual ¹. La abertura pupilar tiene cuatro milímetros de diámetro por término medio.

Gobierno nervioso de los movimientos del iris. — La pupila se estrecha y se dilata por acción refleja, pero el gobierno nervioso es distinto en uno y otro caso.

Para el estrechamiento rige el nervio motor ocular común, cuyo núcleo de origen se encuentra á los lados del acueducto de Silvio. Parece que este núcleo está compuesto de otros secundarios, cada uno de los cuales rige músculos distintos de los inervados por el tercer par. Hensen y Voelkers ² han logrado

¹ El eje visual es la línea recta que une el punto de la visión distinta con la retina (*mácula*); no debe confundirse con el eje óptico, que es la línea que pasa por el centro óptico y el de la superficie refringente. El eje visual y el óptico se cruzan en el punto nodal único ó centro óptico (en el cristalino) y forman un ángulo cuya abertura varía entre 3°,5 y 7°.

² Citados en el *Dictionnaire* de Reichet, t. I, pág. 80.

excitar aisladamente los dichos núcleos, y han encontrado uno que gobierna los movimientos de la pupila con exclusión de los demás. Esta multiplicidad de focos nerviosos explica ciertas parálisis en las que parece el movimiento de los músculos externos, conservándose los del iris y músculo ciliar (*oftalmoplegia externa*), ó á la inversa (*oftalmoplegia interna* de Hutchinson).

Desde luego es evidente que el núcleo miótico se encuentra en relación con el óptico para establecer el arco reflejo ordinario, que tiene por punto de partida una impresión retiniana (contracción de la pupila por una luz viva), y con el núcleo que preside los movimientos del músculo ciliar para producir el reflejo concertado de la acomodación. Las lesiones patológicas pueden herir uno de los arcos respetando el otro, y así se han observado casos en los que la pupila no se contraía por la acción de la luz y sí por los movimientos de acomodación.

También se relacionan los centros mióticos de los dos lados; pues sobre que de ordinario obran concertados, la excitación de una de las retinas produce contracción de ambas pupilas.

La acción cerebral sobre el ganglio miótico parece cruzada; al menos en mis experimentos he visto que á la excitación eléctrica de un lóbulo occipital se sigue, aunque no siempre, contracción de la pupila del lado opuesto. En cambio, según Beaunis ¹, la lesión de las cintas ópticas produce dilatación, por parálisis, en ambas pupilas.

La dilatación de la pupila depende de la médula espinal en las regiones cervical y dorsal (centro cilio-espinal). Las fibras midriáticas convergen con las raíces anteriores y penetran en el ganglio primero torácico; desde allí siguen hacia arriba, pasando de ganglio á ganglio, hasta que salen con las ramas eferentes del cervical superior ². En el trayecto intracraneano se separan las

¹ Beaunis: obra citada, t. II, pág. 516.

² Recuérdense los efectos de la excitación y extirpación del ganglio cervical superior (pág. 384).

fibras simpáticas vaso-motoras de las midriáticas, y estas últimas van al ganglio de Gasserio.

Además de estas fibras medulares de trayecto complicado, Vulpian suponía la existencia de otras cerebrales que se unen al trigémino. Se fundaba en que era posible obtener la dilatación de la pupila por acción refleja después de haber extirpado el ganglio cervical superior y separado el primer torácico de sus relaciones medulares. (Cita de Beaunis.)

La excitación de los tubérculos cuadrigéminos anteriores ó de los lóbulos ópticos en los vertebrados inferiores, produce dilatación de la pupila en el ojo opuesto, y este hecho demuestra que, pese á la conducción por el simpático, los movimientos de dilatación de la pupila son regidos por el encéfalo.

He aquí la curiosa é instructiva lista de agentes mióticos y midriáticos que inserta Beaunis en su *Tratado de Fisiología* (t. II, pág. 515):

Producen contracción pupilar	Producen dilatación pupilar
Excitación del nervio óptico.	Sección del nervio óptico.
Idem del motor ocular común.	Idem del motor ocular común.
Parálisis del trigémino.	Excitación del trigémino.
Idem del simpático.	Idem del simpático.
Idem de las fibras vaso-motoras del iris.	Idem de los nervios vaso-motores del iris.
Acción de la luz sobre la retina.	Inspiración.
Acomodación á los objetos próximos.	Excitación del borde de la córnea.
Rotación del ojo hacia adentro.	Visión de objetos lejanos.
Disminución de la presión intraocular.	Rotación del ojo hacia afuera.
Expiración.	Aumento de la presión intraocular.
Sístole ventricular.	Excitación del borde externo del iris.
Sueño.	Diástole ventricular.
Haba del calabar, opio y nicotina.	Disnea, asfixia y síncope.
Anestésicos en el principio de su acción.	Agonía.
Calor.	Atropina.
	Anestésicos al fin de su acción.
	Frío.

Lecção LXV.

Sentido de la vista. (Continuación.)

Sumario: Funciones de la retina. — Elementos impresionables. — Punto ciego y fosa central. — Conducción de los impulsos visuales. — Agudeza visual. — Sensaciones ópticas. — Aparato óptico-cerebral. — Sección integral. — Sección refleja ó derivada. — Sección directa ó cerebral. — Cruce de los impulsos visuales.

Funciones de la retina. — Esta membrana viene á ser al ojo lo que la placa sensible á la cámara obscura del fotógrafo: en ella se pintan las imágenes de los objetos exteriores y tiene lugar la conversión de las impresiones luminosas en impulsos nerviosos.

La comparación de la retina á una placa fotográfica no es un recurso retórico, pues se encuentra en aquella membrana un pigmento rojo (púrpura visual) que se reduce y decolora por la acción de la luz; ahora bien, lo que aún no se ha demostrado es una relación entre la decoloración del pigmento y la función visual. Precisamente á la región de la visión distinta (*fovea centralis*) y á los conos les falta la púrpura visual.

En la retina se verifica la impresión, ó sea la conversión de las vibraciones luminosas en impulsos nerviosos; pero como éstos no tienen análogo en el mundo físico, aún ignoramos el mecanismo de dicha conversión. Es posible que los rayos luminosos se transformen directamente en impulsos nerviosos al atravesar la porción externa bi-refringente de los conos y bastones; pero lo más probable es que la luz reduzca alguna substancia

protoplasmática y los productos de esta reducción sean los excitantes inmediatos de los elementos nerviosos. La fatiga de la retina suministra una prueba de indicio en pro de esta última hipótesis, pues no parece sino que á consecuencia de un ejercicio continuado los elementos impresionables agotan sus materiales reductibles y han menester de cierto espacio de reposo para réponerlos.

La retina es un órgano de constitución complejísima ¹, y entre los diversos elementos que la constituyen, unos son impresionables por la luz, los conos y bastones; otros funcionan en la expedición y transmisión de los impulsos, las células bipolares, las ganglionares y las fibras del nervio óptico; otros son de oficio mecánico ó de sostén, las fibras de Müller; y de otros, en fin, ignoramos las funciones.

Los elementos impresionables por la luz, ó sean los aparatos somato-cósmicos de la visión son los conos y bastones, especialmente los primeros. El lector podrá juzgar de las pruebas que sumariamente paso á exponer:

Declaran en primer lugar la situación que ocupan los conos y bastones y sus relaciones con los demás elementos retinianos. Por estar situados los vasos delante de los órganos impresionables es posible la visión de los mismos, según dijimos al tratar de los fenómenos entópticos.

La región de la visión distinta corresponde á la extremidad del eje visual en la *fovea centralis*, y es precisamente la más favorecida por los conos; en cambio no contiene bastones, y esta ausencia hace pensar si aquéllos tendrán algún privilegio funcional sobre éstos.

La agudeza visual depende del número de elementos impresionables comprendidos en la imagen retiniana; por tanto, cuanto más aproximados se encuentren, más aguda será la visión, y ésta tendrá por limite el espacio que separa unos elementos de otros.

¹ Para conocer en detalle la estructura de la retina, véanse los *Elementos de Histología normal*, de S. Ramón y Cajal, pág. 328.

Por esta causa, el detalle de la imagen es proporcional á su tamaño y á la densidad de los conos y bastones. Cuando éstos se encuentran muy distanciados ó la imagen es muy pequeña, la visión se hace poco distinta, y tan pequeña puede ser la imagen que no resulte herido más que un cono, y entonces toda distinción desaparece. Tal ocurre cuando la distancia que separa los diversos puntos de una imagen puntiforme no alcanza á dos milésimas de milímetro.

Á excepción de la *fovea*, en las demás porciones sensibles de la retina se encuentran mezclados los conos y bastones: estas regiones se llaman de visión indirecta, porque nunca se detallan las imágenes como en la primera.

Las partes periféricas de la retina y la papila del nervio óptico (punto por donde salen las fibras del nervio) no son impresionables por la luz, y, por tanto, las imágenes que en ellas se pintan no dan lugar á sensación alguna.

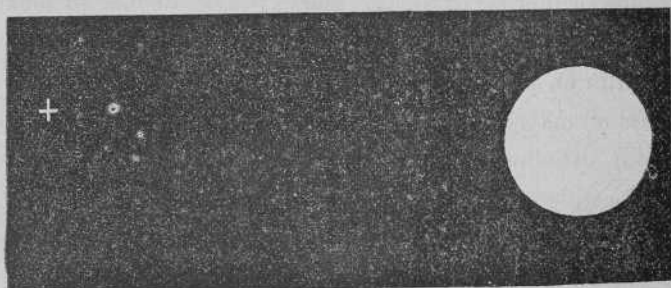


Figura 82.

Experimento de Mariotte.

Es fácil convencerse de la ceguera de la papila: para ello, ciérrase el ojo izquierdo y fíjese la mirada del derecho en la cruz que aparece á la izquierda de la figura 82: á la distancia de la visión distinta para leer deja de verse el círculo blanco de la derecha, porque su imagen corresponde precisamente á la papila del nervio óptico. Este sencillo experimento recibe el nombre de Mariotte, y la papila el de *punto ciego*. Los experimentos conceden al punto

ciego un diámetro de $1\text{mm},5$ y una situación á $3\text{mm},5$ por dentro del eje visual.

Conducción de los impulsos visuales. — Los impulsos nerviosos originados en la impresión de los conos y bastones se transmiten por el cuerpo de éstos á los penachos ascendentes de las células bipolares; transitan por estas células y por sus penachos descendentes transbordan á las ganglionares. Desde aquí á los tubérculos cuadrigéminos la conducción se verifica por las fibras del nervio óptico, que son cilindros-ejes de las células ganglionares y alcanzan sin interrupción hasta los dichos tubérculos. El esquema de S. Ramón y Cajal representado en la figura 83 vale por la mejor explicación del tránsito de las corrientes visuales.

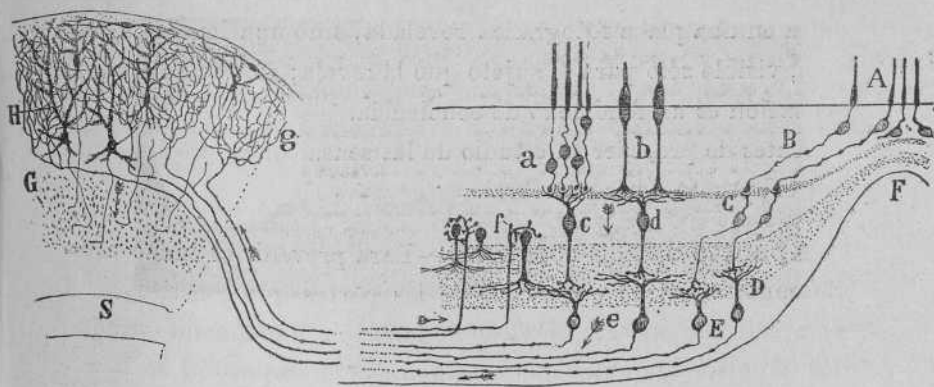


Figura 83.

Esquema de la marcha probable de las corrientes en la retina y centros ópticos, según Cajal ¹.

1 A, conos de la fovea central; B, cuerpo de los conos; C, enlace entre los conos y las bipolares de la fovea; D, unión de las bipolares con las células ganglionares; F, fovea (*fovea centralis*); H, células nerviosas del tubérculo cuadrigémino anterior; a, cuerpos de bastón; b, cuerpos de conos de una región ordinaria de la retina; c, bipolar para bastones; d, bipolar para conos; e, células ganglionares; f, arborizaciones sobre los espongionoblastos, de fibras llegadas de los centros ópticos.

Agudeza visual. — El poder analítico de nuestro aparato de la visión equivale á la finura del oído y recibe el nombre de acuidad visual.

La agudeza visual depende de la claridad de la imagen retiniana, del tamaño de dicha imagen, de la iluminación del objeto y de que la imagen se pinte en la mácula.

La primera condición se refiere á que los rayos luminosos que parten de cada punto del objeto formen su foco exactamente en la retina; la segunda depende del ángulo visual (tamaño del objeto y distancia á que se encuentra); la tercera, de la intensidad de la luz; y la última, de que la imagen comprenda mayor número de elementos impresionables.

Sensaciones ópticas. — La imagen retiniana se revela en el cerebro mediante la conversión de los impulsos nerviosos en sensación; pero el mecanismo de dicha revelación nos es desconocido en absoluto. No es una imagen objetiva como la que resulta en una placa fotográfica revelada, sino una imagen subjetiva, visible sólo para el sujeto que la revela; en una palabra, la sensación es un fenómeno de conciencia.

Antes de proceder al estudio de las sensaciones, precisa conocer el aparato óptico-cerebral.

Aparato óptico-cerebral. — Para prevenir el ánimo antes de engolfarnos en el sumario de las partes que constituyen el complejísimo aparato nervioso de la visión, debo manifestar que los impulsos aferentes que originan por la impresión de la luz sobre los elementos retinianos (conos y bastones) tienen dos destinos diversos: unos descienden á los ganglios de la base del cerebro al cerebelo, y á la médula, para producir los movimientos reflejos de la pupila (contracción y dilatación); los de acomodación del ojo á las distancias (músculo ciliar), y los del globo ocular alrededor de sus ejes de acción; intervienen además en la coordinación de los movimientos reflejos superiores ó encefálicos y en las oscuras reacciones tróficas que por influencia de

la luz se verifican en nuestro organismo. Otros ascienden al cerebro para determinar el fenómeno de conciencia que conocemos como sensación visual.

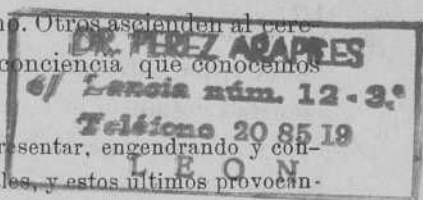
El aparato óptico, tal como lo acabo de presentar, engendrando y conduciendo impulsos reflejos é impulsos visuales, y estos últimos provocándonos las sensaciones de luz, de color, de forma, etc., semeja á una de esas vidrieras de mosaicos que son orgullo de las artes y gala de nuestras Catedrales. Por ellas penetra la luz que ilumina el recinto, y en ellas se pintan con sus tonos de color las figuras de los santos que el artista quiso representar. La claridad — función refleja de los impulsos visuales — permite transitar libremente por el templo, las figuras — función sensitiva de los referidos impulsos — son recreo del alma piadosa é inteligente que las contempla.

Veamos ahora en detalle las tres secciones en que puede dividirse para su estudio el aparato de la visión.

80 A. SECCIÓN INTEGRAL. — Se extiende desde los conos y bastones de la retina hasta los cuerpos geniculados, y comprende: la retina, los nervios ópticos, el quiasma y las cintas ópticas. La llamo integral, porque todos los impulsos nerviosos que se engendran en la retina corren á lo largo de los conductores nerviosos antes enumerados.

80 B. SECCIÓN REFLEJA Ó DERIVADA. — En los cuerpos geniculados, que como es sabido son una dependencia del tálamo óptico, los impulsos se bifurcan en las dos direcciones que antes mencioné. La parte que toma hacia atrás y abajo constituye la sección refleja é derivada, y va por los tubérculos cuadrigéminos á reflejarse en la substancia gris de los pedúnculos cerebrales (núcleos del motor ocular común), en el cerebelo, en la protuberancia y en la médula. Los nervios centrífugos que sirven á estos reflejos son numerosos, pues se cuentan entre ellos desde el tercer par hasta el gran simpático.

Esta vía centripeta es la que sirve para los reflejos visuales que se observan en los animales privados de cerebro. (Véase la lección LXXVI.)



C. SECCIÓN DIRECTA Ó CEREBRAL. — Desde los cuerpos geniculados, los impulsos nerviosos que van á conmover la conciencia, determinando la sensación, ascienden á través del tálamo óptico, y luego, por la cápsula interna y la corona radiante, á la región cortical de los lóbulos occipitales (fibras tálamo-corticales de los anatómicos).

Este trayecto es laborioso y se cumple por etapas, de las cuales alguna conocemos gracias á los trabajos de los hermanos Ramón y Cajal¹. Desde luego, las fibras ópticas se terminan por arborizaciones libres en contacto de las células de los lóbulos ópticos en las aves, anfibios y reptiles, y son nuevos cilindros-ejes los que conducen los impulsos hasta las regiones corticales.

Los impulsos visuales, al llegar á la esfera cortical, se pierden como un río que entra en la mar, y sólo la investigación fisiológica, como en seguida veremos, es capaz de seguirlos á través del cerebro, como quien sigue una corriente en el Océano. La difusión y la integración llegan al máximo en la esfera somato-psíquica.

Durante el tránsito por los tálamos ópticos, los impulsos de la visión se trabajan ¿cómo? no lo sabemos, pues tanto vale decir con Luys que las sensaciones se *espiritualizan* al par que ascienden al cerebro, como declarar nuestra ignorancia. Más tarde, cuando trate de las funciones de los ganglios de la base, volveré sobre este punto.

80 **Cruce de los impulsos visuales.** — Es evidente que las fibras que conducen los impulsos retinianos se cruzan completamente, porque de otro modo son inexplicables las cegueras por lesión del hemisferio cerebral del lado opuesto. Es también cierto que en el chiasma se cruzan las fibras internas de los nervios ópticos, siguiendo directas las externas. De esta suerte las cintas ópticas llevan las fibras de la porción nasal de la retina

¹ S. Ramón y Cajal: *Sur la structure des lobes optiques des oiseaux*. — P. R. y Cajal: *Tesis del Doctorado*.

opuesta (fibras cruzadas), y las externas ó temporales (fibras directas) de la del mismo lado. ¿Dónde se completa el cruce? .

El cruce debe completarse en las regiones del aparato óptico que se extienden desde los cuerpos geniculados hasta el hemisferio; la cuestión es demostrar el punto preciso del cruzamiento complementario. Charcot propuso á este objeto los tubérculos cuadrigéminos; pero esta hipótesis pugna con el hecho cierto de alteraciones visuales en los dos ojos por lesión de un solo lóbulo occipital. Por tanto, el cruce complementario, de verificarse, tiene que ser en el propio cerebro á favor del cuerpo calloso. Pronto diré los grados de certeza que posee este último supuesto.

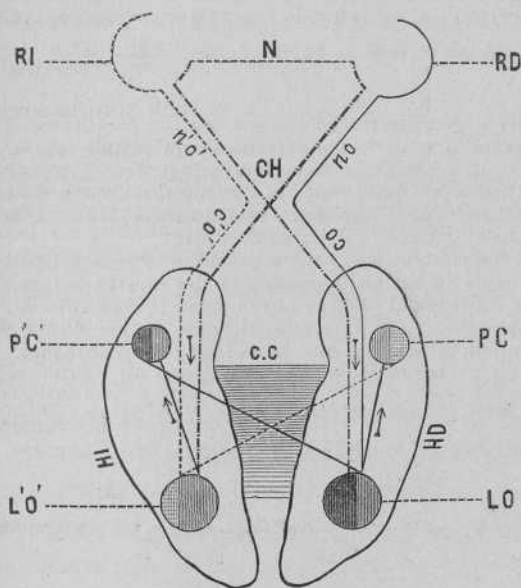


Figura 84.

Esquema del aparato visual ¹.

¹ RD y RI, retinas derecha é izquierda; N, porción nasal de ambas retinas; HD y HI, silueta de la porción post-silviana de ambos hemisferios; PC PC', regiones del pliegue curvo; LO y LO', lóbulos occipitales; CH, chiasma óptico; CC, cuerpo calloso; no y n'o', nervios ópticos; y co y c'o', cintas ópticas.

El esquema tiene por objeto mostrar las relaciones de las dos mitades

El modo de cruzarse las fibras ópticas arroja mucha luz en el diagnóstico de los afectos cerebrales que hieren el aparato que nos ocupa. He aquí las conclusiones que se derivan inmediatamente de los hechos que dejo relatados:

1.^a Las lesiones de los nervios ópticos hasta el quiasma afectan la visión del ojo correspondiente.

2.^a Las del quiasma producen alteraciones en uno ó en los dos ojos, según su situación y extensión; si son totales, ocasionan ceguera doble y completa; si hieren el centro, producen hemiopías temporales (anestesia de las partes internas de ambas retinas); y si sólo las partes externas, hemiopía nasal (anestesia de la porción externa de la retina) del ojo respectivo.

3.^a Las que recaen en cualquiera de los puntos situados entre el quiasma y los lóbulos occipitales, estos últimos inclusive, causan hemiopías correspondientes en ambas retinas.

(externa ó interna) de cada retina con los centros cerebrales. A este fin se distingue la porción temporal ó externa de la retina izquierda por una línea de puntos; la nasal del mismo lado por puntos y rayas; la temporal de la retina derecha por línea seguida y la nasal correspondiente por puntos y rayas más gruesas. Con estos datos puede el lector abarcar de una sola ojeada la total geografía del aparato óptico.

Nótese cómo los centros occipitales presiden la sensibilidad de los tres cuartos internos de la retina opuesta y la del cuarto externo del mismo lado; cómo los centros del pliegue curvo rigen justamente la visión completa del ojo opuesto; y, en fin, cómo el cruce de las fibras en el cuerpo calloso es complementario del que tiene lugar en el quiasma.

Lección LXVI.

Sentido de la vista. (Continuación.)

Sumario: Centros ópticos cerebrales. — Centros de proyección y de representación. — Hipótesis de Ferrier. — Idem de Munk. — Idem de Henschen. — Juicio crítico. — Análisis de las sensaciones luminosas. — Apreciaciones de intensidad y de duración. — Fatiga de la retina. — Irradiación.

Centros ópticos cerebrales ¹. — Á juzgar por mis experimentos en los carniceros, y por los datos que suministra la Clínica, los centros visuales en el hombre deben extenderse en cada hemisferio cerebral por los lóbulos occipitales (cara externa é interna) y por la parte posterior de la segunda circunvolución parietal (pliegue curvo de Gratiolet, *girus angular* de otros autores).

Los lóbulos occipitales rigen las porciones correspondientes de ambas retinas ²; de suerte que la lesión de cualquiera de ellos ocasiona ceguera de la porción interna ó nasal de la retina del lado opuesto y de la parte externa ó temporal de la del propio lado.

¹ Gómez Ocaña: *Recherches sur la localisation des centres visuels dans l'écorce cérébrale*. (Memoria dirigida al XI Congreso Internacional.)

Comunicaciones dirigidas á la Real Academia de Medicina de Madrid, en 1894 y 95.

² Llámense así las regiones de las dos retinas en donde se pinta la imagen del objeto para que se perciba sencilla ó única, á pesar de la doble impresión que se verifica en la visión con ambos ojos. (Véase *Visión binocular*.)

Las cegueras parciales reciben el nombre de *hemiofías*, y sus relaciones con el cerebro son distintas, según se consideren las porciones del campo visual en donde no se ven los objetos, ó las regiones insensibles de las

Los centros parietales parecen ligados á la visión completa del ojo opuesto, y sus lesiones producen ambliopías ¹ cruzadas y pasajeras. No parece sino que los impulsos visuales se reciben de *primera mano* por los lóbulos occipitales (*centros de proyección*) y luego de elaborados se transmiten á los centros parietales, en donde se integran (*centros de representación*).



Figura 85.

Cerebro de gato visto por detrás: la doble lesión causó ceguera completa; la del lado derecho, hemiopia de ambos ojos. (De fotografía del natural.)

Indudablemente cada región parietal recibe fibras occipitales directas del mismo hemisferio y cruzadas del opuesto, á través del cuerpo calloso. El cruce total de las fibras ópticas, tantas veces sospechado y hasta ahora indemostrable, tiene en mis experimentos ² un indicio más á su favor, y, por tanto, debe haber un cruce óptico-cerebral, complementario del cruce parcial en el chiasma.

Hipótesis sobre la localización de los centros ópticos ³. — Tres localizaciones ópticas se han propuesto, á partir

retinas. Si las hemiopías se refieren á los campos, tienen nombre contrario al del hemisferio lesionado; y si á las retinas, el mismo nombre; así, la lesión occipital *derecha* produce pérdida de la visión de los objetos situados en las mitades *izquierdas* de los campos visuales, y anestias en las porciones *derechas* de ambas retinas.

¹ Ambliopía, del griego Ἀβλῶπις, *quedarse ciego*, equivale en castellano á ceguera completa de uno ó de los dos ojos.

² Los experimentos suman diez y ocho: los nueve primeros fueron practicados en el Laboratorio de Fisiología de Cádiz, y los nueve últimos en el de Madrid, durante los cursos de 1894 y 95 á 96.

³ Gómez Ocaña: *Centros visuales del cerebro*. — Comunicación á la Real Academia de Medicina de Madrid. Anales de la misma, 1895, pág. 18 y siguientes.

del resultado de los experimentos en los mamíferos y en vista de los datos que suministra la Anatomía patológica del hombre:

1.^a La localización en el *pliegue curvo*, deducida por Ferrier y Yeo de sus experimentos en el mono macaco, y comprobadas y sustentadas después por Luciani y Terrier. Tienen de particular las conclusiones de Ferrier: que la excitación del pliegue curvo produce estrechamiento de la pupila y movimientos del globo del ojo y de la cabeza, al lado opuesto del que se excita; que la destrucción de dicha región ocasiona ambliopía total, cruzada y pasajera; y que la lesión del lóbulo occipital, aunque sea doble y completa, no altera ni poco ni mucho la visión ¹.

2.^a La localización *occipital*, fundada en los experimentos de Munk en los perros ha sido comprobada más tarde por otros fisiólogos, y en especial por A. Vitzou ². Se afirma por estos experimentadores que la ablación de un lóbulo occipital produce hemiopía correspondiente de los dos ojos, ó sea ceguera de los tres cuartos internos de la retina del lado opuesto y del cuarto externo de la del mismo lado.



Figura 86.

Cerebro de perro. La lesión produjo ambliopía del ojo izquierdo ³.

3.^a La localización en la *cisura calcarina*, defendida por Henschen. Este autor sustenta su hipótesis en la referencia de multitud de historias clínicas, y la desenvuelve de esta manera: la lesión de entrambos labios de la cisura calcarina produce hemiopías correspondientes de los dos ojos, y las lesiones parciales de dicha región cegueras también parciales. Luego añade: si la lesión de los lóbulos parietal y occipital han

¹ D. Ferrier: *The functions of the brain*. Second edition, pág. 275.

² A. Vitzou: *Archives de Physiologie*, Octubre de 1893.

³ La historia de este animal y la de los que se citan en las figuras de la presente lección, se relatan en la *Fisiología del cerebro*. El perro, cuyo cerebro representa la figura 86, vivió veinticinco días, y hasta el fin de la observación nos pareció ciega del ojo opuesto al hemisferio lesionado.

determinado hemiopías en los animales, débese á la destrucción del manojó óptico (parte inferior de las radiaciones ópticas de Gratiolet) que pasa inmediatamente por debajo; en su consecuencia, los casos de lesión difusa, en los que la substancia blanca ha sido herida, nada prueban respecto á la localización exacta en el lóbulo ¹.

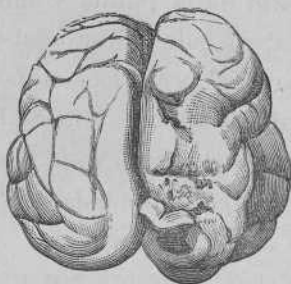


Figura 87.

Cerebro de gato visto por encima: la lesión del hemisferio derecho causó ceguera del ojo izquierdo. (Fotografía del Dr. Moresco.)

Juicio crítico. — Ateniéndome al resultado de mis experimentos, me decido á localizar en los hemisferios cerebrales dos clases de centros ó aparatos ópticos: los primeros, ó de proyección (*L. O.*, figura 84), se encuentran en los lóbulos occipitales; reciben directamente las fibras ópticas en la disposición que traen desde su entrecruzamiento parcial en el *chiasma* ², y pueden considerarse como retinas del cerebro, porque en ellas van á proyectarse las imágenes actuales de los objetos presentes. Los segundos, ó de representación (*P. C.*, figura 84), se hallan en la región parietal ³; reciben de los anteriores las imágenes visuales, las elaboran, las convierten en representaciones visuales y las conservan para ser evocadas por la memoria ó por la

1 S. E. Henschen, Prof. en Upsal (Suecia). «Sur les centres optiques cérébraux.» — Memoria al Congreso de Roma, 1894.

2 Fibras internas de la retina del lado opuesto y externas de las del propio lado.

3 Pliegue curvo en el hombre.

imaginación. Cuando vemos un árbol conocido, en nuestro espíritu se presentan dos árboles: uno, el que vemos; otro, el que vimos; los comparamos, y de la comparación deducimos la identidad. Si leemos en un libro la palabra que nombra al árbol conocido, le podemos reproducir con la imaginación, también por el servicio de los centros de representación.

Creo, pues, que las regiones parietales reciben fibras del lóbulo occipital de su lado y del opuesto, y que de esta suerte cada centro óptico de proyección preside á los tres cuartos internos de la retina de nombre contrario y al cuarto externo de la del mismo nombre; y cada centro de representación, á la visión representativa total del ojo opuesto. De esta manera se explica el por qué las ambliopías cruzadas por lesión parietal son pasajeras é incompletas: pasajeras, porque el centro parietal es sustituido por otro; é incompletas, porque se reducen á la no identificación de los objetos presentes. Los perros operados por mí de lesión parietal no quedaban ciegos totalmente del lado opuesto, pues les quedaba sensible la parte externa de la retina; pero de una parte, lo que veían lo veían turbio, por no ser la región externa la de la visión distinta; y de otra, los objetos vistos no evocaban recuerdo alguno, y ante ellos se encontraban los animales como si los vieran por la primera vez.

En cuanto á las lesiones occipitales, producen hemiopías correspondientes de los dos ojos, las cuales duran lo que la lesión. En estos últimos tiempos ha demostrado Vitzou que los perros operados recobran la vista y los lóbulos occipitales que perdieron en la operación ¹.

En cuanto á las lesiones occipitales, producen hemiopías correspondientes de los dos ojos, las cuales duran lo que la lesión. En estos últimos tiempos ha demostrado Vitzou que los perros operados recobran la vista y los lóbulos occipitales que perdieron en la operación ¹.

Análisis de las sensaciones luminosas. — Las sensaciones luminosas, dentro de ciertos límites, guardan relación con las impresiones, y éstas con la cantidad y calidad (color) de la ex-

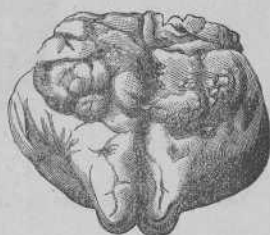


Figura 88.

Cerebro de conejo visto por detrás: la doble lesión ocasionó ceguera completa.

¹ A. Vitzou. «La néoformation des cellules nerveuses dans le cerveau du singe, consécutive à l'ablation complète des lobes occipitaux,» 16 Septiembre 1895.

citación. Por lo que hace á esta última, la estudiaremos en la lección inmediata, concretándonos por ahora al análisis de las sensaciones luminosas.

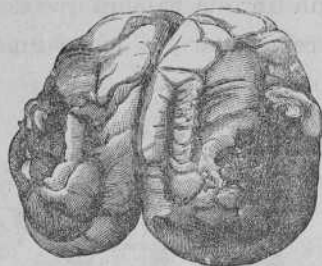


Figura 89.

Cerebro de gato visto por detrás: la doble lesión produjo ceguera completa.

La intensidad de la excitación depende de la del foco luminoso y de la distancia á que se encuentra situado del observador. El hombre está dotado de exquisita sensibilidad para apreciar intensidades, con tal que éstas no sean ni muy pequeñas ni muy grandes; y gracias á esta aptitud, medimos la intensidad luminosa de un foco en el fotómetro por las sensaciones que nos producen á diversas distancias, ó comparándola con la de otro foco de intensidad conocida. Para intensidades medias, v. gr., la de una bujía colocada á 10 metros de distancia, el poder analítico de nuestro sentido visual alcanza á 1 por 100 de la intensidad.

Los experimentadores han reconocido que con intensidades mínimas y máximas la distinción es imposible; y aun, tratándose de intensidades medias, las sensaciones no aumentan al par de los estímulos sino mucho más lentamente. Fechner, siguiendo las huellas de Weber, ha calculado la relación entre el excitante y las sensaciones, enunciándolo con el nombre de ley psico-física. Hela aquí: «La sensación varía como el logaritmo del estímulo ¹.»

Los elementos nerviosos impresionados por la luz no se reha-

¹ Citado por Foster: *Tratado de Fisiología*, traducido por F. Vallina, página 563.

cen instantáneamente, sino que el efecto perdura cuando el excitante ya dejó de actuar. Así, por ejemplo, si con un carbón encendido describimos círculos con rapidez, éstos nos parecen continuos, no obstante estar formados de una sucesión de puntos luminosos. Esta duración es favorable á la hipótesis de una reduc-

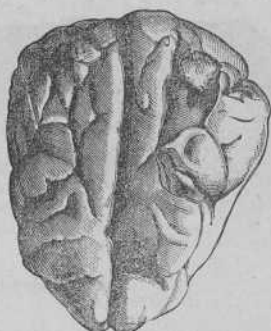


Figura 90.

Cerebro de perro visto por encima: la doble lesión produjo ceguera completa.

ción de los elementos protoplasmáticos por la luz; pues mientras dura la perturbación de los dichos elementos continúa la sensación, y no es posible que otra la sustituya mientras no se restaura la materia reducida. Esta persistencia de la sensación explica el fenómeno de las llamadas *imágenes consecutivas*: si se fija la vista por un momento en el sol ó en la llama de una bujía y se cierran los ojos, se sigue viendo durante algún tiempo las imágenes de dichos focos luminosos. Á estas imágenes se las llama *positivas*, para distinguirlas de otras *negativas* que se deben á la fatiga de la retina.

La duración de la sensación, comparada con la del estímulo, varía con las intensidades luminosas; cuando éstas son débiles, se necesita un intervalo de $\frac{1}{10}$ de segundo para que las excitaciones produzcan sensaciones distintas, mientras que el período descende á $\frac{1}{40}$ de segundo cuando las intensidades son mayores (Foster).

289 **Fatiga de la retina.** — Cuando se mira de hito en hito una luz muy viva, por ejemplo, la del sol, y después se fija la vista

en un lienzo blanco, la imagen del disco solar se destaca en negro, produciendo una *imagen negativa*. Este experimento indica que, á consecuencia de la fatiga, los elementos retinianos quedan inhábiles para impresionarse por nuevos estímulos.

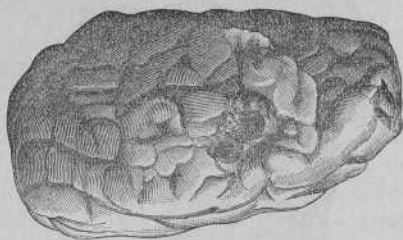


Figura 91.

Cerebro de perro visto de lado: la lesión produjo ligeros trastornos visuales.

El experimento de la fatiga retiniana puede invertirse en esta forma: se fija la vista en un disco negro que se destaque de un cuadro en blanco; si al cabo de un rato, y cuando están fatigados los elementos retinianos heridos por la luz reflejada por la parte blanca, se fija la vista sobre un fondo claro, aparece el disco negro en blanco, y el cuadro blanco en negro.

288 **Irradiación.** — Á consecuencia de no ser perfecta en absoluto la acomodación, las imágenes rara vez forman su foco exactamente en la retina y se pintan con algo de difusión. Esta difusión explica la suerte de penumbra que se produce en los límites de las figuras muy iluminadas cuando se destacan sobre un fondo negro: en estos casos, las percibimos como si se dilatasen en las sombras, y de aquí los fenómenos de irradiación. Un objeto blanco que se destaca sobre un fondo negro ó gris, nos parece mayor de lo que es, y sus límites poco precisos; y, á la inversa, los objetos negros aparecen disminuídos y bien limitados.

Lección LXVII.

Sentido de la vista. (Continuación.)

Sumario: Análisis de los colores. — Colores simples y compuestos. — Idem complementarios. — Sensaciones de color. — Caracteres que percibimos en los colores. — Teoría de la visión de los colores. — Hipótesis de Young-Helmholtz y de A. Charpentier. — Imágenes cromáticas consecutivas. — Contraste de los colores.

Análisis de los colores. — Las aptitudes analíticas de nuestro aparato visual son mucho más limitadas que las del oído. Como extensión comprenden próximamente una octava (desde 435 billones de vibraciones por segundo para el rojo á 764 para el violeta), y como calidad nos permiten apreciar los siete colores del espectro y los que resultan de sus combinaciones; pero, dado un color compuesto, somos incapaces de definir los colores ó sensaciones elementales que le constituyen.

Por color debe entenderse la sensación que resulta de la impresión de la retina cuando es excitada por las vibraciones simples del espectro. No todas estas vibraciones gozan del poder de impresionarnos, ni nos impresionan de igual manera, y de aquí resultan las diferentes calidades de sensación.

Los rayos infra-rojos y ultra-violetas ¹ no nos producen sensación algu-

¹ Los infra-rojos ó térmicos pueden hacerse visibles con el siguiente experimento que cita Gad. Concéntrase la luz del sol ó de un arco voltaico á favor de una lente convergente llena de una disolución de iodo en el sulfuro de carbono: una laminilla de platino colocada en el foco de la lente se enrojece, y, sin embargo, la lente sigue negra.

na; los primeros son absorbidos en su mayor parte por los medios del ojo, según han demostrado Brucke, Cima y Jansen; y los segundos también se absorben, por el cristalino especialmente. Además, los unos por poco veloces (infra-rojos) y los otros por velocísimos (ultra-violetas), no impresionan á los elementos nerviosos para promover una sensación.

Á los rayos infra-rojos y ultra-violetas han añadido las modernas investigaciones otras dos clases, que también escapan á nuestro aparato visual: los *catódicos* de Crookes y los de Röntgen; los primeros son influenciados por el campo magnético, y para ellos el cristal es cuerpo opaco; los segundos atraviesan, sin desviarse, los cuerpos opacos (el cuerpo humano menos los huesos) y ejercen acción química sobre la placa fotográfica.

Los colores del espectro reciben el nombre de *simples*, y, por oposición, se llaman *compuestos* los que resultan de la combinación de los simples.

En realidad, en estas combinaciones no se constituyen más que dos nuevos colores: el púrpura y el blanco; todos los demás colores compuestos tienen su representante en el espectro.

El púrpura resulta de la combinación de los dos colores límites: el rojo y el violeta; el blanco se compone de todos los colores del espectro, y también puede resultar de combinaciones binarias de los mismos; sólo el verde no entra en estas combinaciones, pero da el blanco cuando se le mezcla con el púrpura.

Á los colores que, mezclados dos á dos, producen el color blanco, se les llama *complementarios*. Helos aquí:

Amarillo verdoso y violeta.

Naranja y azul.

Amarillo y añil.

Rojo y verde azulado.

El siguiente cuadro de Helmholtz muestra el resultado de la combinación entre los diversos colores del espectro; los colores que se mezclan van marcados con carácter de letra distinta en las primeras columnas vertical y horizontal; el color compuesto resultante se señala con letra más pequeña en el encuentro de las dos citadas líneas.

	VIOLETA	AÑIL	AZUL	VERDE AZULADO	VERDE	AMARILLO VERDOSO	AMARILLO
Rojó.....	Púrpura.....	Rosa obscuro..	Rosa claro...	Blanco.....	Amarillo blancuzco.	De oro.....	Naranja.
Naranja	Rosa obscuro..	Rosa blanque- cino.....	Blanco.....	Amarillo blan- quecino...	Amarillo...	Amarillo.	
Amarillo	Rosa blanque- cino.....	Blanco.....	Verde blanque- cino.....	Verde blan- quecino...	Amarillo verdoso.		
Amarillo ver- doso	Blanco.....	Verde blanque- cino.....	Verde blanque- cino.....	Verde.			
Verde	Azul blanque- cino.....	Azul de agua..	Verde azulado.				
Verde azulado.	Azul de agua..	Azul de agua.					
Azul.....	Añil.						

Para estudiar las combinaciones de los colores, el mejor procedimiento es el de Helmholtz, que consiste en superponer dos espectros, mediante la colocación de un prisma vertical, delante de una abertura casi lineal en ángulo recto. Otro proceder consiste en imprimir un rápido movimiento de rotación á un disco, cuyos sectores se disponen con el color que se desee; dada la persistencia de las impresiones retinianas, las sensaciones que resultan son las de los colores compuestos, como si los diversos rayos simples hirieran simultáneamente á los elementos impresionables de la retina.

§ 86 **Sensaciones de color.** — La finura de nuestro aparato visual no es igual para la luz, los colores y la forma de los objetos; á partir de un mínimo de iluminación, lo primero que percibimos es luz, luego el color, y, por último, la forma de los objetos.

Tampoco es uniforme la repartición de los elementos impresionables de la retina para producir impulsos determinantes de sensaciones luminosas, cromáticas y visuales; todas las impresiones decrecen desde la mácula y sus inmediaciones hasta la periferia de la retina; pero no coinciden la agudeza visual con las otras dos.

La agudeza visual, ó sea la percepción clara de los objetos, logra su máxima cuando la imagen se pinta en la mácula; las impresiones luminosas y cromáticas tienen su mayor alcance en las inmediaciones de la mácula, y su mínimo en la dicha mácula. Luego veremos las consecuencias que A. Charpentier deduce de estos hechos.

En las sensaciones de color distinguimos tres caracteres, á saber: el *tono* ó *altura*, que depende de la longitud de la onda y viene á ser á la luz como á los sonidos, sólo que conserva el nombre en la sensación auditiva, y se llama color en la óptica; la *saturación*, que se debe á la pureza del color, ó sea de la menor ó mayor cantidad de luz blanca que contenga; y la *intensidad*, que hace relación á la amplitud de las vibraciones. La intensidad es variable para los diversos colores del espectro, según la iluminación, y decrece en cada uno de ellos hasta que deja de percibirse.

Por alta ó baja, cuando la intensidad luminosa excede de los límites de la agudeza cromática, los colores dejan de percibirse, pero no todos á la vez: con débiles iluminaciones, se perciben poco intensos ó no se perciben los colores menos refrangibles; y á la inversa, conservan su intensidad los de onda más corta ¹. Por esta razón, en el crepúsculo vespertino es el rojo el primer color que desaparece; con el sol en el meridiano, es el amarillo el que domina, y el rojo se ve con gran intensidad; y á la caída de la tarde, se destacan los colores melancólicos, como el azul y el violeta.

86 **Teoría de la visión de los colores.** — Dos ingeniosísimas hipótesis se han propuesto para explicar la visión de los colores; la de Young-Helmholtz y la de A. Charpentier: ninguna ha podido pasar de la categoría de hipótesis, pero entrambas cuentan con hechos á su favor.

La hipótesis de Young-Helmholtz parte del supuesto que todas las sensaciones de color, incluso la del blanco, pueden resultar de la combinación de tres sensaciones fundamentales ²: la del rojo, la del verde y la del violeta; por tanto, si se admiten tres clases de elementos retinianos desigualmente impresionables por cada uno de estos tres colores fundamentales, la visión cromática quedaría explicada.

Así, por ejemplo, la luz roja impresionaría con fuerza una primera categoría de fibras, y débilmente las otras dos; la verde impresionaría con viveza á la segunda categoría y desigualmente á la primera y tercera; la luz violeta, con energía á la tercera y con debilidad á la primera y segunda; y la luz blanca, á las tres categorías de fibras con una energía proporcional á las respectivas longitudes de las ondas que en ella se contienen.

La hipótesis de Helmholtz tiene á su favor la observación de los defectos cromáticos de la visión, los cuales han recibido los nombres de *dicromatopsia*, *acromatopsia* y *daltonismo*. Se da la

¹ La longitud de la onda es próximamente para el rojo 700 $\mu\mu$ y para el violeta 400 $\mu\mu$.

² Llámanse fundamentales porque de ellos resultan los demás.

dieromatopsia en los individuos que perciben imperfectamente uno ó varios colores del espectro; la acromatopsia equivale á la ceguera total para los colores, y el daltonismo á la ceguera parcial para el color rojo. Los enfermos de daltonismo ven negra la parte roja del espectro, el color púrpura (mezcla de rojo y violeta) les parece violeta, y el blanco verde azulado.

De las cegueras cromáticas parciales, la más frecuente es el daltonismo: la falta de apreciación del verde y del violeta es muchos más rara.

La hipótesis de A. Charpentier, sugerida por las leyes del movimiento vibratorio, es más completa y compleja: explica los defectos de la visión cromática y se sustenta en la estructura é impresionabilidad de la retina, probada esta última por multitud de experimentos.

Para Charpentier la luz impresiona de dos modos diferentes á las dos clases de elementos impresionables de la retina: la primera clase la constituyen los elementos que él llama *fotoestéticos* (probablemente los bastones); y la segunda, los elementos *visuales* (los conos). Los elementos fotoestéticos, como su nombre indica, son los encargados de las impresiones cuantitativas de luz, sin relación á calidad (color) ni á imagen; los elementos visuales sirven para darnos la impresión de los objetos, y las sensaciones cromáticas surgen de la combinación de las impresiones fotoestéticas y visuales.

La impresión de los elementos fotoestéticos resulta, según Charpentier, de la conversión de la luz en trabajo químico de reducción; la materia reducida es la púrpura retiniana que se encuentra en la parte externa de los bastones; y el fenómeno comparable al que tiene lugar en una placa fotográfica. De la impresión fotoestética originan impulsos nerviosos, siempre del mismo orden y sólo variables en amplitud ó intensidad, lo cual quiere decir que si dichos impulsos los comparáramos á vibraciones, éstas serían siempre del mismo intervalo ó tono, cualquiera que

fuera el color (tono) excitante. Ahora bien: como no todo foco de luz tiene la misma intensidad, ni todos los rayos el mismo poder químico, las impresiones fotoestéticas, aunque *siempre de la misma calidad, variarían de intensidad* con la de la luz y con la potencia química de los rayos; así, por ejemplo, los rayos azules impresionarían con más fuerza que los rojos.

Las impresiones visuales alcanzan su máxima agudeza en la mácula, y, por tanto, hay que suponer que son los conos los elementos de impresión: Charpentier supone que ésta se produce por la conversión de la energía del excitante luminoso en calor, mediante la absorción de la luz por el *pigmentum* que se encuentra entre los conos y bastones. Los impulsos nerviosos engendrados en las impresiones visuales serían siempre del mismo intervalo ó tono, cualquiera que fuera el color del excitante, pero con la particularidad de ser dicho tono un múltiplo ó divisor exacto del fotoestético.

Tenemos, pues, dos clases de impulsos nerviosos de tono armónico: unos, los fotoestéticos, producidos por un fenómeno fotoquímico; y otros, los visuales, por un fenómeno fototérmico; unos y otros son constantes en su ritmo para todas las calidades de excitante, pero los visuales tienen distinto tono que los luminosos. Esta diferencia de tono no es la única que separa á las dos clases de impulsos, pues Charpentier con su fotómetro ha demostrado que las impresiones luminosas no se producen instantáneamente, sino que media cierto espacio (tiempo perdido) entre la aplicación del excitante y la impresión. Este tiempo perdido es el que tarda en convertirse la luz en trabajo químico ó calor (y éstos en impulsos nerviosos); es constante para todos los colores en las impresiones visuales, y aumenta con la refrangibilidad de los rayos (desde el rojo hasta el violeta) en las fotoestéticas.

De todo ello resulta que no coinciden ni en número ni en tiempo las dos clases de impulsos, y que de la combinación de

los fotoestéticos con los visuales derivan un nuevo orden de sensaciones, que son las de color.

En la hipótesis de Charpentier surge la sensación de color como el timbre en los sonidos, salvo que la combinación de las vibraciones es subjetiva en el color y objetiva en los sonidos.

86 **Imágenes cromáticas consecutivas.** — Dados los fenómenos de persistencia de la impresión y la fatiga de los elementos retinianos, se explican perfectamente las imágenes consecutivas de color. Así, por ejemplo, si después de mirar por algún tiempo una figura pintada de rojo, cerramos los ojos, vemos una imagen positiva del mismo color rojo, gracias á que aún persiste la impresión. Si después de mirar por algún tiempo la figura roja dirigimos la vista sobre un papel blanco, como los elementos nerviosos impresionables para el rojo (hipótesis de Helmholtz) se encuentran fatigados y en cambio muy aptos los del verde y violeta, la figura la vemos azul verdosa, color complementario del rojo. No hay que decir que, si después de la fatiga por el rojo, miramos un papel azul verdoso, veremos este último color con mayor intensidad.

Si cuando aún persiste la impresión del rojo miramos un papel amarillo, el color que vemos es el mixto ó intermedio, es decir, el naranja.

86 **Contraste entre los colores.** — De la misma suerte que se modifica el color cuando por persistencia de la impresión ó fatiga de la retina se combinan los colores sucesivos, hay lugar á estudiar modificaciones cromáticas que surgen de las impresiones simultáneas. Chevreul ha dado el nombre de contraste de los colores á las modificaciones cromáticas que se originan de impresiones simultáneas, y Brucke designa respectivamente como inductor é inducido al color que influye y al modificado.

El experimento más curioso entre los que al contraste se refie-

ren, es el que se conoce con el nombre de sombras coloreadas. Si se dispone un papel blanco á manera de pantalla en la cámara obscura y se proyectan sobre la misma superficie del papel dos iluminaciones de la misma intensidad, una de luz blanca del sol, y otra amarillo-rojiza de la llama de una bujía, un cuerpo opaco situado delante de la dicha pantalla, dará lugar á dos sombras correspondientes á las dos luces, con la particularidad de que la de la bujía aparece del mismo color amarillo-rojizo (color inductor), y la solar (color inducido), de color azulado. Cada una de las sombras, miradas aisladamente, se ven con su color natural; luego débese al contraste la modificación que experimenta la luz del día cuando se mira á la vez que la otra.

Lección LXVIII.

Sentido de la vista. (Continuación.)

Sumario: Campo visual: representación gráfica del mismo. — Campímetro de Landolt. — Estática del globo ocular. — Dinámica del mismo. — Centro de rotación. — Punto de mira. — Línea de la base. — Movimientos de elevación y descenso, convergencia y divergencia y de rotación. — Acción de los músculos del ojo. — Gobierno de los movimientos del ojo. — Visión con los dos ojos. — Horóptero. — Teoría de la visión binocular.

Campo visual. — A la extensión del espacio que abarca la vista, suponiendo el ojo inmóvil, se le llama campo visual y se constituye por el conjunto de puntos luminosos visibles por el ojo cuando está fija la mirada. De cada uno de los puntos del campo visual parten rayos, y todos ellos se cruzan en el centro óptico, para continuar después en su dirección; por tanto, si consideramos el conjunto de los rayos y sus prolongaciones, tendremos dos conos opuestos por el vértice, ó sea con un vértice común en el centro óptico.

Para la representación gráfica del campo visual¹ se supone éste proyectado en un plano, y se trazan una serie de radios y de círculos concéntricos á partir del punto en donde se fija la vista; los radios representan á los meridianos de la retina (horizontal, vertical y oblicuos), y los círculos á los diferentes grados del ángulo visual (*figura 92*).

¹ Imaginemos, dice Imbert, que el ojo cuyo campo visual va á representarse es el centro de una esfera: no hay más que señalar los puntos extremos que se perciben en los diversos meridianos y suponerlos proyectados sobre un plano tangente á la dicha esfera y perpendicular al eje visual. Uniendo luego estos diversos puntos del dicho plano tendremos representado el campo visual.

El campo visual está limitado en el estado normal: hacia arriba, por el borde orbitario y el párpado superior; hacia fuera, por el borde de la órbita; y hacia dentro, por la nariz. Además, influyen en dichos límites la distancia de la córnea á la pupila, el diámetro de ésta y el grado de acomodación.

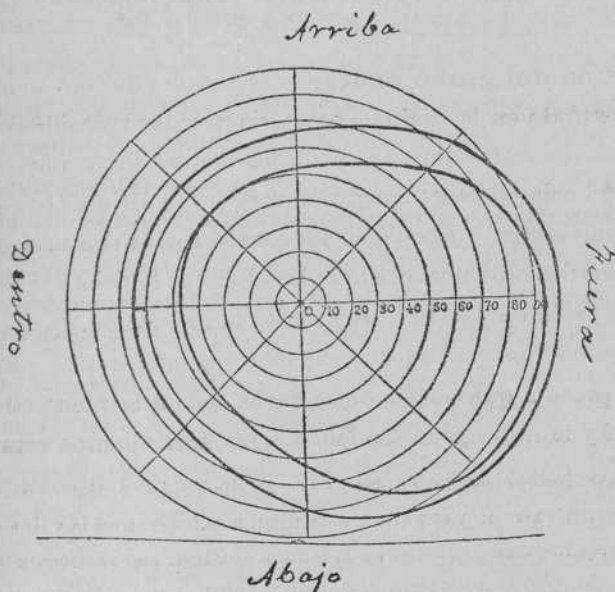


Figura 92.

Representación gráfica del campo visual.

Los límites del campo varían también para los diversos colores: el de más extensión es el blanco, le sigue el azul, y luego el amarillo, rojo, verde y violeta.

Para medir el campo visual nos servimos en el laboratorio del campímetro de Landolt. Consiste este aparato en una lámina metálica arqueada en forma de semicírculo y sujeta á un eje horizontal que la permite girar para colocarla en la dirección que se desee. El semicírculo está graduado en toda su longitud y tiene en el punto central un botón metálico que sirve de punto de mira. El sujeto que se va á observar se coloca sentado frente al aparato y fija la barba en un soporte, para mantener inmóvil la cabeza: en esta situación cierra un ojo, y con el otro, que ha de coincidir con el centro del arco, mira fijamente el botón metálico: el observador hace deslizar desde el extremo al centro de la lámina semicircular un botón

blanco ó coloreado, y el sujeto se encarga de decir cuándo y de qué color lo ve. Se exploran sucesivamente los meridianos horizontal, vertical y oblicuos, marcando en cada exploración los grados que limitan el campo visual.

Con el campímetro se marca exactamente la posición del punto ciego, y cualquier otra mancha anestésica ó laguna visual que padezca el sujeto explorado.

Estática del globo ocular. — El globo del ojo se encuentra suspendido en la cavidad orbitaria por las tracciones opuestas de los músculos oblicuos y de los rectos; los primeros tiran del globo hacia adelante (protractores), y los últimos tiran hacia atrás (retractores); pero como los cuatro rectos son más poderosos que los dos oblicuos, el ojo se hundiría en la órbita si no fuera por la cápsula de Tenon ¹, que limita la retracción.

Suspendido de esta suerte el globo ocular, resulta defendido de toda presión que pueda deformarle, cede á la menor tracción muscular y muestra gran tendencia á los movimientos rotatorios.

Los músculos rectos son cuatro, y por su dirección se distinguen en interno, inferior, externo y superior; este último se inserta en la vaina del nervio óptico, y los tres primeros en el tendón de Zinn. Del vértice de la órbita salen los cuatro músculos reunidos en un manojo; luego divergen al dirigirse hacia adelante y van á insertarse sobre la esclerótica á 5, 6, 7 y 8 milímetros de la córnea respectivamente, en el orden con que antes se enumeraron.

Los dos oblicuos, mayor y menor, tienen su punto de apoyo en la parte interna de la base de la órbita, pues aunque el primero se inserta en la vaina del nervio óptico, se refleja en la dicha base (parte interna y superior), y prácticamente es como si se insertara en la polea de reflexión. Los dos oblicuos se dirigen de adelante atrás y de dentro afuera, se enroscan sobre el globo á manera de cincha y le rodean, el mayor por la parte superior (pasa por debajo del recto superior), y el menor por la parte inferior (por encima del recto inferior), para insertarse en la esclerótica en puntos próximos del hemisferio posterior del ojo.

1. De las prolongaciones fibrosas que á los músculos oculares suministra la cápsula de Tenon, arrancan tendoncitos con algunas fibras lisas en los lados externo é interno que, insertándose en diferentes sitios del contorno orbitario, evitan el hundimiento del globo del ojo; dichas fibras son inervadas por el simpático, y por eso, cuando se excita el ganglio cervical superior, se contraen y propulsan el ojo.

La cápsula de Tenon, cóncava y lisa por delante para recibir el globo ocular, es convexa por detrás; divide la cavidad orbitaria en dos partes: una anterior ú ocular, y otra posterior, que está ocupada por tejido grasiento, vasos¹ y nervios.

287 **Dinámica del globo ocular.** — Para comprender los diversos movimientos del globo del ojo, es indispensable ponerme de acuerdo con el lector acerca de la significación de ciertos términos usados en oftalmología é introducidos muchos de ellos por el ilustre Helmholtz.

El globo del ojo, suspendido en la órbita, según queda dicho al tratar de su estática, se mueve alrededor de un punto fijo llamado *centro de rotación*; éste se encuentra situado sobre el eje óptico, un poco por detrás del centro del mismo nombre, á 14 mm. por detrás de la córnea en el ojo emétrope; un poco más atrás en los miopes, y delante en los hipermétropes.

En el estado normal, y cuando se fija la vista en un punto situado á mediana distancia, si se trazan dos líneas que unan dicho punto al centro de cada uno de los ojos y otra horizontal que una los centros entre sí, nos resultará un triángulo de base posterior. Al punto fijado, vértice del triángulo, se le llama *punto de mira ó de fijación*; á las dos líneas que limitan los lados del triángulo, *líneas de la mirada* (caen un poco por dentro de las líneas visuales); y á la *línea de la base* se la confirma con este nombre.

En el estado de reposo del ojo, y cuando la vista se dirige al horizonte, las líneas visuales son paralelas y coinciden en una misma línea los ejes transversales de entrambos ojos: al plano transversal que pasa por las dos líneas visuales se le llama *plano visual*, y se limita hacia atrás por la línea de la base.

Los globos oculares son susceptibles de toda clase de movimientos, y para metodizar su estudio podemos clasificarlos en tres grupos:

1.º Movimientos de elevación y descenso, en los cuales la pu-

¹ Cuando se ingurgitan los vasos retro-orbitarios, y sobre todo las venas, la presión de la sangre propulsa el globo del ojo. Tal ocurre en la disnea y en la enfermedad de Basedow. Marey ha observado pulsaciones del globo isócronas con los latidos cardíacos.

pila se dirige respectivamente hacia arriba y abajo. Estos movimientos se verifican alrededor del eje transversal del ojo, y, en ellos, la línea de la mirada, al dirigirse arriba ó abajo, forma con el plano transversal (plano que divide el globo en dos mitades, superior é inferior) un ángulo variable que Helmholtz ha denominado *ángulo ascensional*.

El movimiento hacia arriba compete al músculo recto superior; pero como éste, por ser oblicuo de atrás adelante y de dentro afuera, es un poco adductor, necesita de la corrección del oblicuo menor, que es abductor, y coadyuva á su vez á la elevación de la pupila.

El movimiento de depresión ó descenso de la pupila corresponde al recto inferior; pero, por las razones antes alegadas para el recto superior, el oblicuo mayor, que es abductor, corrige la adducción de aquél y coadyuva al descenso de la pupila.

2.º Movimientos de convergencia y divergencia, los cuales dirigen la pupila respectivamente hacia dentro (adducción) y hacia fuera (abducción). Estos movimientos se verifican alrededor del eje vertical del ojo, y al realizarse, la línea de la mirada forma con el plano sagital (que divide el globo en dos mitades laterales) un ángulo, denominado por Helmholtz *ángulo lateral*.

Los movimientos de convergencia se deben á los músculos rectos internos, cuyas direcciones son muy aparentes para esta acción; pero como los rectos superior é inferior son adductores, coadyuvan también á la convergencia.

Los de divergencia son el resultado de la acción de los rectos externos, pero le sirven de auxiliares los dos oblicuos, que, por dirigirse oblicuamente de dentro afuera, son abductores.

3.º Movimientos oblicuos ó de rotación, los cuales dirigen la pupila hacia arriba y afuera, abajo y afuera, abajo y adentro y arriba y adentro. Los movimientos de rotación son muy complejos y se verifican alrededor del eje antero-posterior del ojo; pero al mismo tiempo cambia de lugar el eje horizontal, pues la pupila gira como el radio de una rueda. Donders ha demostrado que mientras en las dos clases de movimientos antes estu-

diados, el meridiano vertical del ojo nunca deja de serlo, en los rotatorios se inclina á uno ú otro lado.

Los movimientos oblicuos pueden descomponerse, para su análisis, en dos clases de rotaciones: una de ellas sobre el eje transversal (movimientos de ascenso y descenso de la pupila), y otra sobre el eje vertical (movimientos laterales).

El recto superior y el oblicuo mayor son rotatorios hacia dentro porque desvían en esta dirección la extremidad superior del eje vertical, y porque la dirigen hacia fuera son rotatorios externos, el recto inferior y el oblicuo menor.

Acción de los músculos del ojo. Rectos. — Dada la dirección de los cuatro músculos rectos, todos son retractores y adductores, puesto que tienen su inserción fija en un punto posterior é interno con relación á la inserción móvil en la esclerótica.

Oblicuos. — Por razones opuestas, los dos oblicuos, considerados en conjunto, son protractores y abductores del ojo, puesto que toman su apoyo en la base de la órbita por delante y por dentro de la inserción en el globo. Además, como se arrollan á manera de cincha sobre la esfera ocular, la imprimen un movimiento de rotación por donde la pupila se dirige hacia arriba (oblicuo menor) ó hacia abajo (oblicuo mayor).

Por lo que hace al oficio particular de cada músculo y á su acción combinada en los diversos movimientos del globo ocular, los siguientes cuadros, que copio de Tillaux ¹, enseñan cuanto ha menester el lector:

1.º Recto interno.....	Adductor.
2.º Recto externo.....	Abductor.
3.º Recto superior.....	{ Elevador.
	{ Adductor.
	{ Rotatorio interno.
4.º Recto inferior.....	{ Depresor.
	{ Adductor.
	{ Rotatorio externo.

¹ Tillaux: *Anatomía Topográfica*, traducida al español por J. Corominas, tomo I, pág. 189.

5.º Oblicuo mayor.....	{	Abductor. Depresor. Rotatorio interno.
6.º Oblicuo menor.....	{	Abductor. Elevador. Rotatorio externo.

Modificaciones que surgen de la acción combinada.

En la adducción, el recto inferior se hace...	{	menos depresor. más adductor. más rotatorio externo.
En la adducción, el oblicuo mayor se hace..	{	más depresor. menos abductor. menos rotatorio interno.
En la abducción, el recto inferior se hace...	{	más depresor. menos adductor. menos rotatorio externo.
En la abducción, el oblicuo mayor se hace..	{	menos depresor. más abductor. más rotatorio interno.

Gobierno de los movimientos del ojo. — Tres nervios centrífugos prestan inervación á los músculos del ojo: el motor ocular, común á los rectos superior, interno é inferior, y al oblicuo menor; el patético, al oblicuo mayor; y el motor ocular externo, al recto externo. Todos estos nervios toman origen en núcleos de células que representan la continuación en el encéfalo de las astas anteriores de la médula y se encuentran tan relacionados entre sí, que las órdenes motoras salen concertadas de los dichos núcleos motores ¹. Sólo así se explican los movimientos oculares que, como hemos visto, son producto de la contracción armónica de varios músculos.

Un ejemplo cita Gad en demostración de la sinergia de los músculos de uno y otro lado. Si se fija la vista en un punto situado á tal distancia que la fijación se haga sobre el eje óptico de uno de los ojos, el derecho, por ejemplo, resultará que, cuando el punto se acerque, el dicho ojo conservará su posición, y el izquierdo deberá aumentar la convergencia para que

1 Las fibras, origen de la excitación motora del músculo recto interno, nacen del mismo núcleo que las del motor ocular externo; ascienden por el istmo, se cruzan á la línea media y hacen su aparición, formando parte del motor ocular común: esto nos explica el por qué es simultánea la contracción del recto interno de un lado con el recto externo del opuesto.

la visión binocular continúe verificándose. Pero si se observa el ojo derecho, nótase que, pese á su aparente inmovilidad, están activos sus músculos, pues el globo oscila ligeramente, y por la auscultación se perciben sonidos de contracciones musculares. Quiere decir que, cuando el recto interno del ojo izquierdo se contrae para procurar la convergencia, se contrae también el recto interno del derecho; pero esta contracción se compensa con la del recto externo correspondiente, por lo cual dicho ojo continúa fijo. Las ligeras oscilaciones que se observan en el mismo son el producto de la lucha entre el recto interno y el externo ¹.

En la coordinación de los movimientos oculares deben influir los tubérculos cuadrigéminos anteriores, pues á su excitación responden movimientos del globo y dilatación de la pupila; pero el centro determinante de los mismos se encuentra en la corteza del cerebro. La excitación del pliegue curvo en los monos produce, según Ferrier, movimientos de los ojos y de la pupila.

Visión con los dos ojos. — La imagen de los objetos se pinta doble, una imagen en cada retina, y, sin embargo, en condiciones normales los vemos sencillos, tal y como los ofrece la realidad. Esta sencillez, no obstante la duplicidad de aparatos visuales, nos indica que las dos impresiones se funden ó se combinan para producir la sensación única.

Tenemos á nuestro alcance medios fáciles de estudiar el mecanismo de la visión sencilla con los dos ojos; para ello basta colocarse en condiciones distintas de las que rigen á la visión ordinaria.

Si cuando miramos un objeto desviamos uno de los ojos á favor de una ligera presión de fuera adentro, inmediatamente le vemos doble, y esto nos enseña que en la visión sencilla es preciso la convergencia de las dos líneas visuales.

Más demostrativos aún son los siguientes experimentos: Si colocamos delante del ojo tres puntos, *A*, *B* y *C* en fila, pero á distancias distintas, y fijamos la vista en el de enmedio *B*, le vemos simple: en cambio vemos doble el punto *A*, que está delante, y el *C*, que está detrás; con la particularidad que las dos imágenes de *A* son cruzadas (la del lado derecho des-

¹ Gad, obra citada, pág. 284.

aparece cerrando el ojo izquierdo y á la inversa) y las de *C* son directas. Este experimento enseña que en la visión sencilla las líneas visuales convergen en el punto de mira, y las dos imágenes en las dos máculas ó en puntos correspondientes de las dos retinas. Se prueba esto último porque, en el experimento anterior, la distancia de las imágenes dobles de los puntos *A* y *C* aumenta á medida que se separan (hacia adelante ó atrás respectivamente) del punto de mira *B*. Quiere decir, que las dos imágenes de *A* se pintan por fuera de las manchas amarillas (lados temporales de las dos retinas), y las de *C* por dentro de las dichas manchas (lados nasales); mas en uno y otro caso, en regiones no correspondientes de las dos retinas.

Llámanse *regiones correspondientes ó idénticas* de las dos retinas las que coincidirían si imagináramos superpuestas la una sobre la otra, en forma que convinieran las máculas y los meridianos verticales y horizontales. En su virtud, son regiones correspondientes las superiores é inferiores, las temporales de un lado y las nasales del otro, y reciprocamente. Siempre que las imágenes coinciden en las dos máculas ó en regiones correspondientes, el objeto se ve sencillo; doble en el caso contrario. *En la visión distinta ó directa, las imágenes del objeto se pintan en las manchas amarillas.*

Á la reunión de puntos del espacio, cuyas imágenes van á pintarse en regiones correspondientes de entrambas retinas, se le llama *horóptero*¹. Cuando se mira á lo lejos, las líneas visuales son paralelas y el horóptero es un plano situado á 1,60 metros por bajo del que pasa por dichas líneas, y desciende hasta confundirse insensiblemente con el suelo. Si la vista se fija en un punto próximo, las líneas visuales convergen en el mismo y el horóptero se limita por una circunferencia que pasa por el punto de mira y los puntos nodales de los dos ojos (cuando se trata de líneas transversales) ó por una recta perpendicular al plano de la circunferencia que pasa por el punto de mira (cuando se trata de líneas verticales).

1 Horóptero del griego ὅρος, *horos*, límite, y ὀπτέρ, *opter*, que mira.

287 **Teoría de la visión binocular.**—La afirmación que antes sentamos de que todos los objetos cuyas imágenes se pintan en puntos idénticos de las dos retinas dan lugar á una sensación simple, aunque cierta en la práctica, no es rigurosamente exacta, pues pueden darse casos: 1.º, que dos imágenes desemejantes en puntos idénticos de las dos retinas produzcan la sensación única (visión estereoscópica); y 2.º, que dos imágenes iguales proyectadas en puntos idénticos originen doble sensación. Además, la admisión de los puntos idénticos no explica la apreciación de la profundidad ó espesor de los cuerpos.

Para explicar estos hechos, la *teoría de los puntos idénticos* supone que la coincidencia de las dos retinas no es matemática, sino fisiológica, y que por mecanismo innato fundimos las dos impresiones en una sola sensación cuando las imágenes se proyectan en regiones correspondientes de entrambas membranas.

Frente á la teoría de los puntos idénticos se ha propuesto otra, llamada *empírica*, porque explica los fenómenos de la visión binocular por la experiencia que ejercitamos para referir los puntos de la imagen, no á la retina, sino al espacio, mediante percibirlos en la dirección de la línea visual. Contamos como base de esta experiencia con las sensaciones que nos proporcionan los músculos al mover los ojos para pasear la mirada por todo el territorio de los objetos. Helmholtz, partidario de la teoría empírica, refiere la proyección de las imágenes al espacio á un acto psíquico ó ideal.

Las dos teorías pecan de exclusivistas, pues probablemente los fenómenos de la visión binocular son el resultado de una adaptación fisiológica de los centros cerebrales de proyección, en donde las dos impresiones se funden para producir la sensación única, y también de la proyección ideal en el espacio, de los objetos vistos. Nosotros no vemos las imágenes retinianas, sino los objetos, y los referimos siempre al exterior; luego es evidente que vemos los puntos luminosos en su dirección.

Leccción LXIX.

Sentido de la vista. (Conclusión.)

Sumario: Visión derecha de los objetos. — Percepciones y juicios visuales. — Apreciación de la solidez de los cuerpos. — Apreciación del movimiento. — Aparato protector del ojo y oficio de los órganos que le componen. — Funciones del aparato lagrimal. — Desagüe de las lágrimas.

488 **Visión derecha de los objetos.** — No obstante pintarse invertidas en la retina las imágenes de los objetos, los vemos derechos, tales y como son; débese esto á que nosotros no percibimos la imagen, sino el objeto, y, por tanto, vemos los rayos luminosos, no en el punto que cortan la retina, sino en la dirección que traen.

Las humanidad no se había percatado ni se preocupa de semejante problema; pero los fisiólogos, al descubrir que las imágenes se pintan invertidas en la retina, confundieron un fenómeno óptico con un hecho fisiológico y sacaron las conclusiones más donosas. Quién supuso que veíamos los objetos invertidos, pero que rectificábamos la posición mediante la experiencia que nos acredita el tacto; y quién, insistiendo en la propia idea de la visión invertida, suponía que, como todos los objetos guardaban entre sí la misma relación, no había lugar á error. ¡Como si no supiéramos que está arriba, abajo, á la izquierda y á la derecha lo que guarda relación con nuestra cabeza, pies y miembros respectivos!

Beclard, con buen sentido, paró mientes en que la retina no era una superficie matemática, ni los elementos impresionables meras superficies sin espesor, y por tanto, la luz, al atravesar dichos elementos, había de producir una serie de desprendimiento, cuyo conjunto nos daría la impresión de

los rayos en su dirección. Añádase á esto que la sensación es un fenómeno de conciencia, y que ésta refiere las impresiones, no al órgano sensorial, sino al exterior.

Percepciones y juicios visuales. Apreciación de la solidez de los cuerpos. — Uno de los fenómenos que ha solicitado más la atención de los fisiólogos es la apreciación de las tres dimensiones de los cuerpos, á pesar de que la imagen se proyecta en una superficie, cual es la retina. Dicha apreciación se deduce de la comparación de dos clases de datos sensibles, aportados los unos por la retina y los otros por las impresiones musculares.

En la visión binocular, el objeto se ve con aspecto distinto con cada ojo, y luego, al fundirse las dos impresiones, dan lugar á la apreciación de la solidez. Esta apreciación nos conduciría muchas veces al error si no la rectificara el tacto.

El estereóscopo demuestra cómo al fundirse las dos imágenes correspondientes á dos aspectos ó perspectivas diferentes de un mismo objeto, éste se percibe con todas las apariencias de solidez. El estereóscopo, inventado por Wheatstone y modificado por Brewster, hace coincidir las dos imágenes retinianas que representan al objeto desde dos puntos de vista distintos. El estereóscopo de Brewster se compone de dos prismas horizontales opuestos por el vértice, y de un diafragma, para impedir que la figura del lado derecho sea vista con el ojo izquierdo, y á la inversa: las imágenes de los diversos puntos luminosos de ambos objetos se ven como si se fundieran en uno intermedio en donde aquéllos coinciden.

Apreciación del movimiento de los cuerpos. — Juzgamos que un cuerpo se mueve, de la comparación de dos datos sensibles: uno suministrado por el aparato visual, pues al moverse el objeto cambia de lugar su imagen en la retina y cambian los elementos impresionados; y otro, proporcionado por las sensaciones musculares de los motores del globo, para seguir con la mirada la dirección que toma el objeto, y aun por las sensaciones de los músculos de la cabeza y del tronco, porque una y otra

parte se mueven para continuar la inspección cuando el móvil traspone el campo visual. Además, si el objeto se acerca ó se aleja, á la vez que cambia el tamaño de su imagen hay que poner en juego la acomodación, y la sensación de este nuevo esfuerzo muscular contribuye á la apreciación de las distancias.

En estos juicios estamos expuestos á varias causas de error. Nace la primera de que, como el movimiento de los objetos lo apreciamos en relación á nuestra persona, sin que aquéllos cambien de lugar podemos sentir la ilusión de que se mueven, cuando somos nosotros los que nos movemos. Tal sucede cuando damos vueltas alrededor del eje de nuestro cuerpo; al pararnos, experimentamos la ilusión de que los objetos giran en sentido inverso al que nosotros antes habíamos girado: por motivos análogos sufrimos como si los objetos exteriores bailaran á nuestro alrededor cuando los ojos son presa de convulsiones. La segunda se refiere á la apreciación de las distancias recorridas por el móvil, pues son siempre producto de datos de relación que se conocen por experiencia previa: en un campo poblado y cuyas distancias nos son conocidas, es fácil calcular la velocidad con que se mueve cualquier objeto; pero en una llanura deshabitada ó en la anchura del mar no tenemos más datos que el tamaño y cambio de lugar de la imagen, y no bastan estos datos para hacer un cálculo acertado.

88 **Aparato protector del ojo.** — Un aparato tan delicado como el de la visión necesita estar al abrigo de las injurias exteriores, y así es, en efecto.

Los globos se encuentran alojados en las cavidades orbitarias y no pueden ser ofendidos más que por su parte anterior; mas para defenderlos se encuentran el borde orbitario, las cejas, los párpados y las pestañas. Además, para impedir la desecación de la córnea se encuentran las lágrimas, cuya excreción y desagüe ofrecen particularidades dignas de mención.

El reborde orbitario y las cejas defienden á los ojos de la luz viva que viene de lo alto, y las cejas impiden que el sudor de la frente caiga sobre los párpados.

Los párpados son dos velos movibles, suaves cuanto se necesita para su delicado oficio, y rígidos lo necesario para conservar su forma: su super-

ficie interna ú ocular se encuentra tapizada por una mucosa de delicada estructura, la conjuntiva. Los párpados sirven para limpiar los cristales corneales, extender sobre ellos las lágrimas, defender el aparato de una luz que le hiera bruscamente ó le ofenda por su intensidad, y, sobre todo, para velar que ningún cuerpo extraño toque ó injurie los globos oculares. Los párpados se cierran por la contracción del orbicular, músculo inervado por el facial, que es el nervio defensor de los sentidos capitales, y se abren por la contracción del elevador, cuya inervación depende del motor ocular común: la obturación ó cierre de ojos es un acto reflejo tan preciso como delicado; la abertura es siempre un acto voluntario. Todas estas partes deben al trigémino su delicadísima sensibilidad.

Las pestañas tamizan el aire que se va á poner en contacto con los ojos, y velan la luz cuando es muy viva.

Funciones del aparato lagrimal. — La lágrima es un líquido claro, transparente, acuoso y muy pobre en principios sólidos: un poco de albúmina?, moco, grasa (prestada por las glándulas de Meibomio), sal de cocina y fosfatos alcalinos, son los componentes de este líquido cuyo sabor salado gustamos al propio tiempo que el dolor.

Las lágrimas son segregadas por la glándula lagrimal, que se encuentra alojada en la fosita del mismo nombre, en el ángulo que limitan la pared superior y externa de la órbita ¹, y se vierten por los conductos excretores en el fondo de saco parpebral.

La secreción está sujeta á tales alternativas, que parece intermitente, y, sin embargo, la conjuntiva se encuentra siempre húmeda. Tal vez influyan en esta humedad las glándulas propias de la mucosa (Tillaux).

Por influencias morales, sobre todo cuando son deprimentes; por excitación de la conjuntiva, como cuando la irrita un cuerpo extraño; y por irritaciones de las fosas nasales (estornudo), se aumenta tanto la secreción, que no basta el desagüe natural y las lágrimas se vierten en las mejillas. También aumenta la secre-

¹ Además se encuentra una pequeña parte de la misma situada en el espesor del párpado.

ción, aunque en grado menor, por la excitación de la luz sobre la retina.

La glándula lagrimal recibe el nervio del mismo nombre, procedente del quinto par y otros filetes del simpático. La excitación del cabo periférico del primero produce en el conejo aumento de secreción (Beaunis).

Desagüe de las lágrimas. — Las lágrimas, después de bañar el fondo de saco parpebral, desaguan por el conducto nasal y se vierten en las fosas nasales para humedecer la pituitaria. El desagüe es asaz complejo y, por lo mismo, muy expuesto á interrupciones del orden patológico.

Las lágrimas se reúnen en el ángulo interno del ojo, en un espacio triangular limitado por los bordes de los párpados, libres de pestañas en este punto; este espacio recibe el nombre de *laguna lagrimal*. De la laguna, las lágrimas penetran por dos orificios situados respectivamente en el párpado superior é inferior; son los *puntos lagrimales* embocaduras de los *conductos del mismo nombre* que desaguan en el *saco lagrimal*. Este reservorio se aloja en el ángulo interno del ojo y comunica con el conducto nasal, el cual es óseo y desemboca en el meato inferior de las fosas nasales. La circulación de las lágrimas se hace por la aspiración del aire inspirado, y al efecto todos los conductos están dispuestos para sufrir la influencia de esta aspiración. Probablemente debe influir también el parpadeo, pues, según Foltz, al cerrarse los párpados se produce un sístole que empuja las lágrimas, y al abrirse, un diástole que las aspira.

Lección LXX.

Funciones de los conductores nerviosos.

Sumario: Conductores nerviosos: nervios motores, sensitivos y mixtos. — Conjeturas de Cajal. — Clasificación de los conductores nerviosos. — Propiedades y funciones de los nervios. — Extensibilidad de los nervios. — Poder eléctrico de los mismos: corrientes de los nervios y modo de demostrarlas. — Variación negativa. — Aptitudes conductoras de los nervios. — Indiferencia de los nervios á la conducción. — Velocidad de la conducción nerviosa. — Nutrición de los nervios. — Excitabilidad de los nervios. — Electrónico. — Ley de las sacudidas.

Conductores nerviosos. — Los elementos nerviosos comunican entre sí y con los elementos somato-cósmicos (órganos sensoriales y músculos) á favor de hilos de protoplasma, los cuales, como hemos visto, terminan libremente. De estos hilos, los unos son gruesos y cortos, sirven para establecer relaciones entre las células de un mismo distrito y reciben el nombre de expansiones ó ramos protoplasmáticos; otros son más delgados, largos por lo general, emiten escasas colaterales y se cubren por lo común de una cubierta aisladora ó protectora; son los cilindros-ejes, que sirven para poner en relación elementos situados á mayor distancia.

Los cilindros-ejes de los aparatos sensoriales se reúnen en manojos para alcanzar á los centros nerviosos, y reciben el nombre de *nervios sensitivos ó aferentes*.

Los cilindros-ejes de las células motoras de los ganglios tam-

bién se reúnen en manojos para ir á los músculos, y se llaman *nervios motores ó eferentes*.

Pero como la naturaleza es económica, muchas veces reúne en un mismo haz las fibras motoras y sensitivas, y así se constituyen los *nervios mixtos*, que son los que más abundan.

Á fin de no divorciar la tradición anatómica, de las modernas investigaciones, seguiremos llamando nervios á los manojos de cilindros-ejes que van ó vienen de los centros á los aparatos somato-cósmicos, y designaremos con el nombre de conductores á las fibras nerviosas que hacen comunicar las células de los ganglios y centros nerviosos; pero no se olvide que los unos y los otros tienen por misión conducir impulsos nerviosos.

Conjeturas de Cajal. — S. Ramón y Cajal ha emitido dos conjeturas que si se confirmaran arrojarían mucha luz sobre las funciones nerviosas. En la primera supone que cada elemento nervioso, con sus expansiones protoplasmáticas y su cilindro-eje, semeja al total sistema, por cuanto las dichas expansiones conducirían en la dirección aferente y llevarían á la célula que las da origen, la influencia de las células vecinas; y al contrario, el cilindro-eje sería el conductor eferente por el cual la célula influiría sobre las otras.

La segunda conjetura¹ se refiere al papel de las células de neuroglia, las cuales se suponen dotadas de contractilidad: relajadas aislarían por sus tentáculos unos conductores de otros, y contraídas dejarían libre el tránsito á los impulsos nerviosos.

Clasificación de los conductores. — Por la dirección de los impulsos que conducen, los conductores nerviosos se dividen

1 S. Ramón y Cajal: «Algunas conjeturas sobre el mecanismo anatómico de la ideación, asociación y atención.» — *Revista de Medicina y Cirugía prácticas*, Mayo 1895. — Cajal distingue tres clases de células de neuroglia: las de la substancia blanca, las peri-vasculares y las de la substancia gris. Estas últimas son objeto de la hipótesis que se refiere en el texto.

en tres grandes agrupaciones: aferentes, eferentes y comisurantes.

1.^a *Aferentes*. — Son cilindros-ejes de las células sensoriales ó de las ganglionares. Los primeros, ó sean los nervios sensitivos van á terminarse en relación con las células aferentes de los ganglios: los segundos tienen un trayecto intraganglionar y van á terminarse en último extremo en la capa somato-psíquica. Estos últimos constituyen las fibras centrípetas de las raíces de los ganglios y todo el sistema de fibras nerviosas aferentes de la médula, de la protuberancia, de los pedúnculos de la cápsula interna y de la corona radiante de Reil.



Figura 93.

Excitador eléctrico para los nervios y centros ¹.

2.^a *Eferentes*. — También son de dos clases: los unos nacen como cilindros-ejes de las capas corticales del cerebro, y van á terminarse en los núcleos motores del istmo del encéfalo y en los de la médula; los otros (nervios motores) son cilindros-ejes de las células de estos núcleos ó de las motoras de los ganglios simpáticos, y van á terminarse en los músculos estriados y lisos respectivamente.

3.^a *Comisurantes*. — Sirven, como su nombre indica, para establecer comunicación entre los diversos territorios de los centros nerviosos. Así los hay antero-posteriores (pedúnculos cerebelosos superiores), transversales (cuerpo calloso, comisura anterior de la médula), verticales (fibras córtico-estriadas y de los cordones posteriores de la médula), etc., etc.

Propiedades y funciones de los conductores nerviosos. — Á no ser la excitabilidad, que puede demostrarse en las fibras de los centros y en las de los nervios, las demás propiedades hay que estudiarlas en los últimos.

Estudiaremos sucesivamente la extensibilidad, el poder eléc-

1 Los reóforos se ven á la derecha de la figura, y las dos ramas del excitador que se ven á la izquierda pueden separarse ó aproximarse cuanto se deseen.

trico, la aptitud conductora, la velocidad de la conducción, la nutrición y la excitabilidad de los nervios.

Extensibilidad de los nervios. — En rigor, los nervios no son extensibles, y, sin embargo, dan de sí cuando se les estira, gracias á estar plegada su cubierta (estriación de Fontana de la vaina de Schwan) y deshacerse los pliegues con el estiramiento.

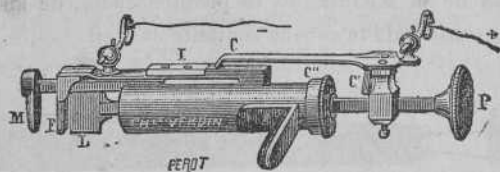


Figura 94.

Neurótomo eléctrico de François-Franck ¹.

Poder eléctrico de los nervios. — Si se aísla por dos secciones un trozo de nervio, resulta un cilindro con dos bases correspondientes á las secciones; pues bien: la superficie es electropositiva con relación á cualquiera de las bases, y, lo mismo en aquélla que en éstas, la potencial eléctrica está regularmente repartida.

Los puntos más electro-negativos son los centros de las secciones, y, á contar de ellos, va aumentando la potencial hacia la periferia. El punto más electro-positivo es la línea media de la superficie de los nervios mixtos, y á partir de ella, la potencial disminuye hacia los extremos.

¹ *L* es una lámina metálica que sirve de guillotina, y se mantiene en la posición en que la representa la figura merced á un resorte que se encuentra en el interior del tubo *C''*; un vástago, también metálico y terminado por el botón *P*, sirve para vencer el resorte y empujar la guillotina, la cual, al descender, pasa por la hendidura de la pieza *F* y se detiene en el tope *M*. En la situación en que se ve el aparato, la corriente entra por el polo positivo, pasa por *C* y sale por el negativo; mas cuando se empuja el botón *P*, el contacto *C* toca una lámina aisladora de marfil *L*, la corriente se deriva por *C''* al vástago, por éste á la guillotina y el circuito se cierra en la pieza *F*. De esta suerte, la sección del nervio es simultánea con su excitación.

Dos puntos equidistantes del centro en las secciones ó de la línea media (ecuador) en la superficie, no producen corrientes eléctricas, por tener igual potencial.

Las máximas corrientes se obtienen uniendo el punto medio de la superficie con uno de los centros de las bases: cuando se unen puntos no equidistantes de la superficie ó de las secciones, se originan corrientes débiles.

Si se unen con un conductor las dos secciones de un nervio mixto, no hay lugar á corriente; pero si el nervio es sensitivo ó motor, resulta electro-negativa, con relación á la otra, la sección más próxima ó más alejada de los centros nerviosos respectivamente, es decir, la sección que dista más del centro trófico del nervio ¹. Por esta causa el ecuador se aproxima á la sección periférica en los nervios sensitivos, y á la central en los motores.

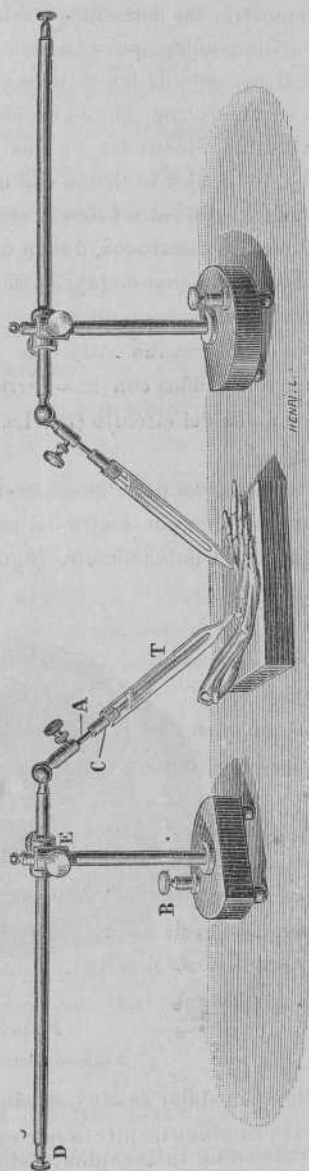


Figura 95.
Electrodos impolarizables de Arsonval.

¹ Los nervios motores tienen su centro trófico en la médula, y por eso su parte periférica es electro-negativa con relación á la central; á la inversa, los nervios sensitivos tienen sus centros tróficos en las células sensoriales, y es electro-negativa la parte que se aleja de periferia.

Para demostrar las corrientes eléctricas de los nervios se necesitan electrodos impolarizables, pues usando los ordinarios pudiera achacarse la corriente al contacto de los metales con los jugos orgánicos. En el laboratorio nos servimos al efecto de los electrodos impolarizables de Arsonval.

Constan estos electrodos de dos pequeños tubos cilindro-cónicos de cristal (*T*), los cuales se llenan con una disolución de cloruro de sodio al 7 por 1.000: dentro de estos tubos, y atravesando un tapón (*C*) que los cierra, se introducen los electrodos, ó sean dos barritas de plata cubiertas de cloruro fundido del mismo metal (*A*). El cloruro de sodio, que es neutro y carece de acción sobre los tejidos, es el que se pone en contacto con el nervio y sirve de intermedio entre éste y los electrodos metálicos. Los electrodos van articulados con una barra metálica (*E*) á cuyo extremo se fija uno de los polos del circuito (*D*). La dicha barra es horizontal y se fija á un soporte (*B*).

Las corrientes van por el conductor desde la superficie á las secciones, y de éstas á aquélla por dentro del nervio. Dichas corrientes se ponen de manifiesto por el galvanómetro (figura 96) ó con electrómetro capilar de Lippmann ¹.

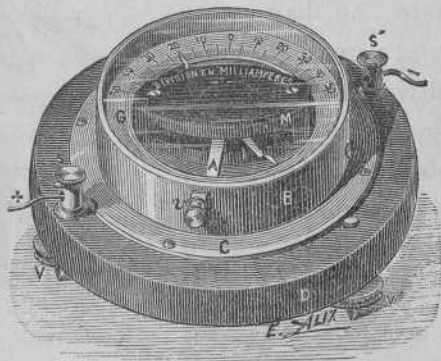


Figura 96.

Amperómetro de Gaiffe ².

- 1 El electro-capilar es muy sensible; mide hasta $\frac{1}{30.000}$ de Volt. Se funda en los cambios de altura que experimenta una columna de mercurio encerrada en un tubo capilar. Estos cambios se deben á la polarización eléctrica y se aprecian á favor de un microscopio unido al aparato.
- 2 El índice marca la división 20. *M*, *A*, *B*, caja cilíndrica que contiene el aparato; *A*, resorte que sirve para detener la aguja y se maneja por el tornillo; *F*, *S* y *S'*, polos positivo y negativo; *D*, soporte con los tornillos de nivel, *V* y *V'*. Antes de usar el aparato debemos cerciorarnos de que el índice está en el cero cuando la corriente no pasa.

Variación negativa. — La corriente eléctrica de los nervios se modifica al paso de los impulsos nerviosos, en el sentido de disminuir la tensión electro-positiva de la superficie. Dos puntos equidistantes del ecuador, que señalaban la misma tensión en el estado de reposo, se polarizan al paso de los impulsos, y el punto por donde éstos atraviesan se torna electro-negativo con relación al otro.

Esta variación negativa, unida á los fenómenos del electrótono, que pronto estudiaremos, hacen pensar que las corrientes de los nervios se deben á fenómenos de polarización molecular, aunque el hecho de disminuir la potencial en los puntos por donde comienza la muerte de los nervios (sección más lejana del centro trófico) declaran en favor de un fenómeno de descomposición.

No deben confundirse en modo alguno las corrientes eléctricas de los nervios con la conducción de los impulsos nerviosos. Sin contar con la inmensa velocidad de aquéllas comparada con la de éstos, los siguientes hechos aclaran la diferencia:

1.º Si se secciona un nervio y se juntan los dos extremos, las corrientes eléctricas todavía se conducen; pero el nervio queda inhábil para la transmisión de los impulsos nerviosos.

2.º Una ligadura del nervio impide la conducción nerviosa, y no la eléctrica.

3.º Un nervio degenerado por haberle separado de su centro trófico, es incapaz de conducir impulsos nerviosos, pero transmite las corrientes eléctricas.

Es de advertir que los nervios son medianos conductores para la electricidad.

Aptitudes conductoras de los nervios. — Los nervios pueden conducir impulsos nerviosos en las dos direcciones; pero en el estado normal, la conducción se verifica para los sensitivos desde la periferia á los centros, y á la inversa para los motores. El sentido de la conducción lo determinan la célula nerviosa, que

da origen al cilindro-eje y aquella con quien éste va á ponerse en relación.

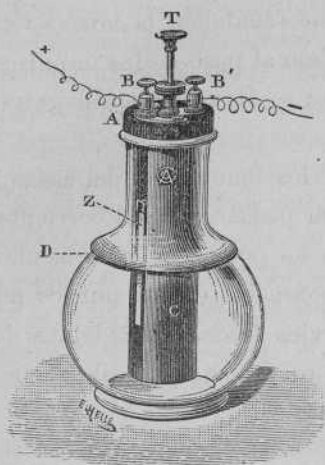


Figura 97.

Pila de botella de Grenet ¹.

que este nervio mixto conducía en las dos direcciones. Paúl Bert injertó, invertido, el apéndice caudal de una rata en una herida abierta en el dorso del mismo animal; el rabo, una vez consolidado el injerto, era capaz de sensibilidad y movimiento, no obstante haberse cambiado la dirección normal de los nervios.

Otro experimento cita Gad ² que corrobora la indiferencia de los nervios á la conducción: los nervios del *malapterurus electricus* se componen de un solo y grueso cilindro-eje que se ramifica y se distribuye por el aparato eléctrico del animal; pues bien: si se corta cualquiera de las ramificaciones y se excita el cabo central, se produce una descarga del órgano eléctrico.

Sin embargo de esta indiferencia, Grünhagen ³ ha demostrado que puede

1 Esta pila se compone de una placa de ebonita que sostiene una pieza de carbón (C), la cual se sumerge en el líquido excitador (agua, 800 gramos; bicromato de potasa, 100 gramos; ácido sulfúrico, 200 gramos): en un hueco que lleva el carbón va una placa de zinc amalgamado (Z) fija á una varilla metálica (T), que sirve para sumergirla ó levantarla, según que se quiera ó no que funcione la pila. B y B' son los polos positivo y negativo respectivamente.

² Gad, obra citada, pág. 78.

³ Citado por Gad.

perder un nervio su excitabilidad directa y servir todavía para conducir impulsos nerviosos originados en un punto más ó menos distante de aquel que ha perdido la excitabilidad. Esta pérdida la ocasiona la influencia del ácido carbónico, aplicado directamente al nervio.

De 12 **Velocidad de la conducción nerviosa.** — Su medición lucha con obstáculos insuperables en los nervios sensitivos del hombre; pero se conoce aproximadamente para los motores. A una temperatura media oscila entre 30 y 33 metros por segundo.

Los experimentos en los animales han demostrado que la velocidad de la onda nerviosa varía para cada especie y en un mismo individuo, según la temperatura: *el frío* retarda y *el calor* acelera (dentro de ciertos límites) la conducción.

Y 13 **Nutrición de los nervios.** — El nervio no es pasivo en la conducción, y se engañaría quien creyera que los impulsos viajan por el nervio como un gas ó un líquido por un tubo.

En la transmisión, los nervios consumen su propia substancia y cambian de composición molecular, como les sucede á las células nerviosas y á los músculos; pero la ciencia aún no ha podido determinar lo que asimila y desasimila un nervio aislado.

En este punto nuestros conocimientos se reducen á unas cuantas vaguedades sin sustento experimental, y así se dice que los nervios desasimilan la lecitina ó la colessterina. Tampoco, y salvo las variaciones en el poder electro-motor, que vamos á estudiar, se han podido demostrar fenómenos físico-químicos evidentes en el período de actividad de los nervios. Un aparato termo-eléctrico tan delicado que apreciaba $\frac{1}{100}$ de grado, no demostró variación de temperatura en un nervio activo.

En tesis general, podemos afirmar que se verifican cambios moleculares en los nervios á consecuencia de su función, pues de otro modo no se explicaría la fatiga. También podemos decir, apoyándonos en la analogía, que los nervios consumen oxígeno en el entretenimiento de sus funciones.

13 **Excitabilidad de los nervios.**—De todas las propiedades de los nervios, la más estimable, por los servicios que presta á la experimentación, es la excitabilidad; y análogamente, de todos los excitantes, el más precioso es la electricidad, tanto por su fácil ó instantánea aplicación, como por poderse graduar á voluntad.

Por excitante de un nervio debe entenderse todo agente capaz de solicitarlo para la producción de impulsos nerviosos. Con los excitantes sustituimos la influencia de la célula nerviosa por un agente físico-químico; pero de ningún modo se sustituyen los impulsos nerviosos por una corriente eléctrica ó de cualquier otro orden.

La excitación de un nervio jamás la alcanzaríamos como fenómeno visible si no fuera porque los impulsos provocan en unos casos contracciones musculares directas (nervios motores) ó indirectas (nervios sensitivos). Más claro: el estímulo de un nervio motor produce contracciones en el músculo ó músculos que inerva, y la excitación de un nervio sensitivo, dolor; pero éste es una sensación subjetiva, y quedaría velada para el observador si el paciente no la revelara con sus gestos (movimientos), gritos (movimientos) ó contorsiones (movimientos). En definitiva: trátase de nervios motores ó sensitivos, siempre es un movimiento el acusador de la excitación, y en un orden meramente secundario apreciamos efectos vasculares ó secretorios.

13 **Excitantes de los nervios.**—Para excitar los nervios nos valemos de los agentes físicos (calor, luz, electricidad, vibraciones y choques mecánicos) y de los químicos (ácidos, álcalis, sales neutras y metálicas, glicerina, etc.). De ordinario, entre los primeros usamos el calor ó *el frío*, las corrientes eléctricas y la contusión; y de los segundos, el ácido acético, las disoluciones de cloruro de sodio y carbonato de sosa, y la glicerina.

Por lo que hace al calor, debo advertir que lo que excita no es la cifra térmica absoluta, sino la diferencia de temperatura, dentro de ciertos límites.

La electricidad la empleamos, ya en corrientes continuas ó galvánicas, ya en corrientes inducidas ó farádicas.

En la aplicación de las corrientes galvánicas debemos estudiar los efectos

de la excitación y las modificaciones que experimenta la excitabilidad del nervio.

Al cerrarse y al abrirse el circuito de una corriente galvánica aplicada á un nervio motor, se produce contracción en el músculo; pero es curioso que mientras la corriente está pasando no se manifiesta fenómeno alguno de excitación. Sin embargo, el estado molecular del nervio cambia mientras la corriente lo atraviesa, y lo prueban las modificaciones que experimenta su excitabilidad.

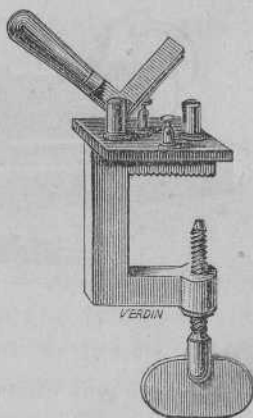


Figura 98.

Interruptor eléctrico de palanca.

Electrótono.—Recibe este nombre, la modificación que experimenta la excitabilidad de un nervio cuando sufre la influencia de una corriente continua. La excitabilidad aparece disminuída hacia el polo positivo (anodo), y aumentada en el negativo (catodo). La disminución y el aumento de excitabilidad no se limita al punto de aplicación del anodo y del catodo respectivamente, sino que se extiende en una y otra dirección del nervio, comprendiendo parte de la región incluída entre los dos polos (región intrapolar) y por fuera de ellos (región extrapolar). Á la extensión del nervio, en donde aparece disminuída la excitabilidad, se la llama región *anelectrotónica*, y en la que se encuentra aumentada región *catelectrotónica*.

En la región intrapolar se encuentra un punto en el cual la excitabilidad no se halla aumentada ni disminuída: este punto indiferente sirve de límite á las regiones anelectro y catelectrotónica, y se encuentra tanto más próximo al anodo cuanto más débil es la corriente. Al contrario, cuando la corriente es intensa, el punto indiferente se acerca al catodo, y, por tanto, en casi toda la región intrapolar se halla disminuída la excitabilidad. Por lo que hace á la región extrapolar, el anelectrótono y catelectrótono se extienden á tanto mayor distancia de los polos respectivos cuanto más intensa es la corriente.

Los efectos del electrótono parecen debidos á un fenómeno de polarización, y la prueba es que, inmediatamente que se suspende la corriente eléctrica, se invierten las condiciones; en donde estuvo aplicado el anodo aumenta la excitabilidad, y disminuye en el lugar del catodo.

Estos fenómenos de polarización sirven de excitantes á los nervios, y así, tanto la aparición del catelectrón como la desaparición del anelectrón

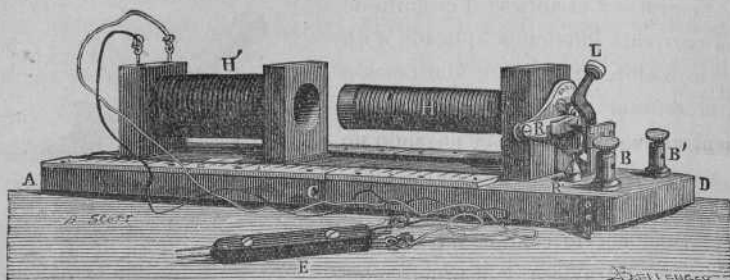


Figura 99.

Aparato de Ranvier ¹.

trón producen una excitación nerviosa. Debe advertirse, sin embargo, que la aparición del catelectrón es más activa que la desaparición del anelectrón, puesto que, como puede verse en la ley de las sacudidas, las corrientes débiles originan contracción al cierre del circuito (catelectrón) y no á la abertura (anelectrón).

Ley de las sacudidas.—En los efectos del excitante eléctrico, cuando se usan las corrientes constantes hay que contar con la intensidad de ésta, con su dirección y con los cambios electrotónicos de la excitabilidad del nervio. Prácticamente se comprenden estos tres datos en la llamada ley de las sacudidas, cuyo desarrollo puede ver el lector en el siguiente cuadro que copio de Gad ²: C significa cierre del circuito; A, abertura del mismo; M, contracción; R, reposo.

	Corriente débil.		Idem de intensidad media.		Fuerte.	
Ascendente.	C — M	A — R	C — M	A — M	C — R	A — M
Descendente.	C — M	A — R	C — M	A — M	C — M	A — R

¹ A, C, D soporte que puede doblarse por C cuando las bobinas están juntas; H y H', carretes inductor é inducido; L, palanca que al caer sobre el botón R' cierra el circuito galvánico; K', tembladera ó resorte para cuando se desea la corriente inducida tetánica; B y B', polos; E, excitador unido por sus reóforos al carrete inducido.

² Obra citada, pág. 73.

c) Se llaman ascendentes las corrientes en que el polo está más cerca del nervio que el cátodo y descendentes las que llevan una dirección opuesta

Quiere decir que en las corrientes de mediana intensidad se produce contracción tanto al abrir como al cerrar el circuito, tanto si la corriente es ascendente como si es descendente. Sin embargo, como puede verse en las curvas musculares representadas en la figura 105, la contracción de abertura es mayor que la de cierre.

9^o **Empleo de las corrientes inducidas.** — Cuando se trata de mantener la excitación de un nervio durante cierto período, ó de excitar los centros cerebrales ó de producir contracciones tetánicas en los músculos, conviene usar las corrientes inducidas ó farádicas.

En el laboratorio poseemos el gran modelo de bobina de Meyer con el interruptor de Helmholtz; pero de ordinario usamos del pequeño aparato de Ranvier, que va representado en la figura 99: tiene este aparato la ventaja de poder servir para producir contracciones por cierre y abertura de una corriente galvánica, y sin más que aplicar la palanca al resorte ó tembladera, se tiene una corriente farádica ó interrumpida.

Del examen del anterior cuadro de Sad se deduce

- 1.^o Toda elosura de corriente produce contracción excepto si se trata de una corriente ascendente fuerte
- 2.^o Toda apertura de corriente no determina contracción excepto si se trata de una corriente ascendente fuerte ó de corrientes de mediana intensidad

Lección LXXI.

Funciones de los músculos.

Sumario: Tejidos contráctiles. — Clasificación de los músculos. — Propiedades y funciones de los músculos. — Elasticidad. — Corrientes eléctricas de los músculos. — Contracción secundaria. — Contracción muscular. — Cambios que experimentan los músculos al pasar del reposo á la contracción. — Técnica: miógrafos.

14 **Tejidos contráctiles.** — La contractilidad es una aptitud de los protoplasmas, los cuales la poseen con independencia del sistema nervioso (animales anervinos y glóbulos contráctiles); pero cuando dichos protoplasmas se organizan constituyendo músculos, su contracción depende del sistema nervioso.

Se demuestra que la contractilidad pertenece al músculo con independencia del sistema nervioso, por los dos siguientes experimentos: 1.º Se intoxica una rana con curare, veneno que obra exclusivamente sobre las extremidades de los nervios motores, y se excitan después los músculos por el choque, el calor, las corrientes eléctricas, etc.: la contracción que en este caso se produce se ha verificado en ausencia de todo influjo nervioso. 2.º Se prepara el músculo sartorio de una rana, y con una tijera de buen corte se secciona la extremidad tendinosa; en esta parte, el examen histológico no muestra nervio alguno, y, sin embargo, la excitación del corte provoca una contracción muscular. (Gad.)

Clasificación de los músculos. — Por su diversa estructura se clasifican los músculos en tres categorías: *lisos*, *cardíacos* y *estriados*. Las funciones son análogas en lo esencial para las

tres clases, pero varían en algunas particularidades dignas de mención. Por ahora, y en el estudio general que vamos á emprender, nos referiremos á los músculos estriados, los más complejos de todos, y luego advertiremos lo que corresponda á la función de los lisos. Las particularidades referentes al corazón han quedado expuestas al tratar de este órgano.

Los músculos estriados deben este nombre al aspecto que ofrecen sus elementos, gracias á un doble sistema de franjas alternadas, verticales y transversales.

El elemento fundamental del músculo es la fibrilla ó hacedillo muscular primitivo; de él se sabe que consta de tres partes, á saber: envoltura ó sarcolema, protoplasma con su núcleo y nucleolo, y substancia estriada ó muscular; mas la disposición y constitución de la última aún no ha salido del período hipotético, pese á los pacientes y continuos trabajos de los histólogos. Sin embargo, sabemos lo bastante para orientarnos en las funciones de los músculos.

Del sarcolema diremos que es el estuche del músculo, contiene á la substancia muscular, y, como elástico que es, se presta á los cambios de forma. Anatómicamente aparece como un tubo prismático soldado de trecho en trecho al contenido muscular.

El protoplasma con su núcleo es un recuerdo, y quién sabe si una esperanza para la regeneración del tejido: á sus expensas debió formarse la substancia muscular, y luego queda en el músculo, indiferente, al parecer, á su función contráctil. Hoy se niega á los músculos la aptitud de reproducirse, pero lo mismo se decía de las células nerviosas, y, sin embargo, se reproducen.

La función contráctil tiene por órgano la substancia estriada ó muscular, pues al contraerse una fibra pueden verse con el microscopio los movimientos que experimenta dicha substancia. Ésta se compone cuando menos de dos clases de cuerpos: unos birrefringentes, que figuran bandas oscuras, y otros monorrefringentes, que se ven como bandas claras: las dos clases de cuerpos alternan, y de su alternativa resulta la estriación.

Hipótesis por hipótesis, opto, entre las muchas propuestas, por la de mi compañero S. Ramón y Cajal. Para este histólogo ¹, la fibra muscular se compone de dos sistemas de fibras: uno de ellos figura un retículo proto-

1 *Elementos de Histología*, pág. 291.

plasmático de fibrillas verticales y transversales, y el otro se forma de cilindros constituídos por la superposición ó apilamiento de discos mono y birrefringentes. Llenando las mallas de la red protoplasmática, y separando, por tanto, unos cilindros de otros, se encuentra un líquido plásmico, que es el intermedio para la nutrición del músculo.

En suma, el músculo se constituye por un tubo continente ó sarcolema y un contenido: el contenido es líquido, y en este líquido se encuentra una red protoplasmática y una serie de columnas verticales formadas por la superposición de sustancias mono y birrefringentes, alternando. Cada una de estas columnas pudiéramos compararla á una pila primitiva de Volta (rodajas de zinc, paño y cobre), si no fuera porque en los músculos la agrupación es más compleja.

Propiedades y funciones de los músculos. — En esta parte debemos estudiar la elasticidad, el poder eléctrico y la contracción de los músculos.

Elasticidad. — Ya en otro lugar (página 299) la hemos calificado de débil y perfecta, y ahora debemos analizarla en sus dos fases de extensibilidad y retractilidad.

(La elasticidad de los músculos es una aptitud fisiológica, que depende de la estructura y cambia en los períodos de contracción y reposo; es más, el músculo al volver á su forma primitiva después de haberse contraído ó haber sido estirado, realiza un trabajo funcional comparable al de la contracción.

Por extensibilidad debemos entender la aptitud que tienen los músculos para alargarse cuando fuerzas extrañas lo solicitan: los músculos ceden muy fácilmente al estiramiento, y como dan de sí á la menor tracción, luego les queda muy poco que ceder cuando crece la fuerza que los estira. No sucede así á los cuerpos inorgánicos, pues éstos dan de sí proporcionalmente á las fuerzas tensoras.

Si suponemos colgado sólidamente un músculo de rana por uno de sus extremos, y del otro suspendemos un platillo, en el que se van colocando pesos cada vez mayores, habrá lugar á observar que con el primer peso. v. gr., de 10 gramos, el músculo se alarga x mm.; con 10 gramos más, el alargamiento no es $2x$, sino algo menor; y aumentando progresivamente los pesos, irá disminuyendo en serie descendente la extensión del músculo. En una palabra: no hay proporción entre el crecimiento del peso y la extensión del músculo, porque éste comienza por alargarse mucho, y luego cede poco á poco, hasta que no puede extenderse más sin romperse. Si construyéramos una gráfica de la extensibilidad del músculo, de suerte que las ordenadas marcaran los pesos y sobre las abscisas se fijara el estiramiento, dicha gráfica tendría la figura de una curva hiperbólica, cuya concavidad miraría á la abscisa.

La extensibilidad de un músculo aumenta al pasar del estado de reposo al de contracción.

Por ejemplo: un músculo de rana que en reposo mide 40 mm. de largo, da de sí hasta 57 mm. cuando se le suspende un peso de 30 gramos; este mismo músculo, en contracción tetánica, se acorta hasta reducirse á 15 mm. de longitud; pero para estirarlo hasta los 57 mm. se necesita un peso de 97 gramos; es decir, 67 gramos más que en el estado de relajación; pero en cambio ha dado de sí 42 mm. (diferencia entre 15 y 57), mientras que antes sólo se alargó 17 mm.¹

Al cesar las fuerzas que solicitaban la extensión del músculo, éste se retrae y recobra su longitud primitiva; pero el recobro supone un trabajo vital opuesto y proporcional al trabajo físico que realizó el estiramiento.

En efecto; si el músculo del ejemplo anterior dió de sí á cada aumento de peso que se le añadió, es claro que la gravedad (fuerza física) realizó un trabajo proporcional al estiramiento y al peso; pero si, alcanzada la máxima extensión de 57 mm. con los 30 gramos de peso, quitamos éste gramo á gramo, es evidente que el músculo se irá acortando poco á poco, hasta que, suprimido todo el peso, recobra su longitud primitiva de 40 mm.

¹ Gad: obra citada, pág. 20.

El estiramiento de un músculo es contrario á su contracción, pues aquél le alarga y ésta le encoge; pero como los músculos realizan su trabajo útil acortándose, han menester de cierto grado de extensión para producir mayor utilidad. Ésta alcanza el máximo cuando, á la vez que el músculo se acorta, va disminuyendo la resistencia que tiene que vencer, caso que se da cuando estando el brazo extendido y sosteniendo un peso en la mano, se contrae el biceps, pues al propio tiempo que el antebrazo se dobla sobre el brazo, va menguando la resistencia. Afortunadamente, todos los músculos del cuerpo están extendidos entre los dos puntos de inserción, como lo prueba que al seccionarlos todos se retraen.

Corrientes eléctricas musculares.—Un músculo seccionado por sus dos extremidades ofrece análogos fenómenos eléctricos que un nervio: la superficie es electro-positiva, con relación á las secciones que son electro-negativas; por tanto, si aplicamos los electrodos impolarizables respectivamente á la superficie y á cualquiera de las dos secciones ¹ ó en puntos desequidistantes al ecuador (línea media de la superficie) ó de los centros de las secciones, se engendrarán corrientes eléctricas cuya intensidad será proporcional á la diferencia de tensión entre los dos puntos de aplicación de los electrodos. La repartición de la potencial eléctrica por las diversas partes del músculo es análoga á la ya referida de los nervios, y no hay para qué repetir la explicación.

Únicamente debo advertir que la intensidad de las corrientes musculares crece cuando la sección se hace oblicua (corrientes de inclinación) y es independiente del volumen del músculo: la

¹ Las corrientes máximas se obtienen aplicando uno de los electrodos al ecuador (punto más electro-positivo), y el otro al centro de cualquiera de las secciones (punto más electro-negativo). La fuerza electro-motora de esta corriente puede exceder de $\frac{1}{20}$ de volt.

misma corriente produce el delgado sartorio que el robusto gemelo de la rana.

La contracción de los músculos produce también una variación negativa, ó lo que es lo mismo, las corrientes musculares se debilitan durante la contracción.

Para demostrar las corrientes musculares úsase de análogo procedimiento que para las de los nervios; sólo que, si se quiere, no hace falta galvanómetro, pues la corriente de un músculo puede servir de excitante á la contracción de otro y aun á la de sí mismo. En el primer caso se disponen dos músculos con sus nervios respectivos: uno de ellos es excitado á la contracción por un choque de inducción aplicado á su nervio; el nervio del segundo músculo se relaciona de modo que cierre circuito con el músculo primero; y de esta suerte, cuando el primero se contrae, la variación negativa sirve de excitante á la contracción del segundo. Si el primer músculo entra en tétanos, el segundo también, y en ambos casos la contracción ó el tétanos reciben el nombre de *secundarios*.

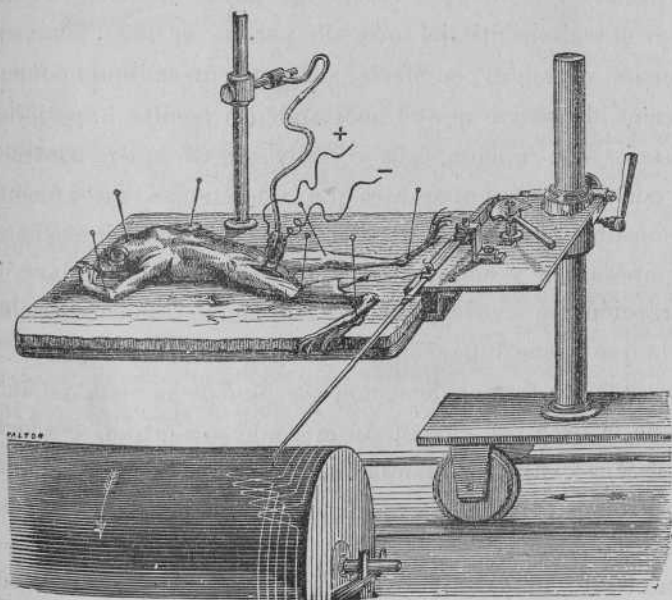


Figura 100.

Miógrafo directo de Marey

Si se desea ver un músculo contraerse por su propia corriente, désquese un gemelo de rana con su tendón; con un corte de tijeras seccionese la extremidad opuesta del músculo, y tendremos una superficie natural (electro-positiva) representada por el tendón, y una sección electro-negativa (la del corte): poniendo ahora en comunicación el tendón con la sección por el intermedio de una disolución fisiológica de cloruro de sodio, podrá contraerse el músculo por su propia corriente. Es inútil advertir que en estos experimentos la preparación debe estar aislada sobre una lámina de cristal.

Contracción muscular. — La aptitud más apreciada, característica y explotable de los músculos es la contractilidad; gracias á ella producen calor y trabajo mecánico, dos energías necesarias para las funciones del organismo.

(Por contracción se entiende el cambio de forma de un músculo, por cuya virtud se engruesa lo que se acorta; pero esta definición, suficiente en el lenguaje vulgar, no satisface completamente en el rigurosamente fisiológico. Desde este punto de vista, la contracción es el trabajo útil del músculo, pero no el único fenómeno de la función muscular; en efecto, si fijamos un músculo por sus dos extremos, de suerte que el acortamiento resulte imposible, y le excitamos á su función, ésta se realiza sin verdadera contracción, pero con fenómenos aparentes que la denuncian; estos fenómenos son consumo de oxígeno, exhalación de ácido carbónico, aumento de temperatura y endurecimiento de la masa muscular. Á esta contracción, sin acortamiento, se la llama contracción *isométrica*; y á la que tiene lugar cuando el músculo se acorta, *isotónica*. Pero estas dos formas de acción son puntos de vista del análisis; pues en la práctica, cuando un músculo se contrae, se acorta, se endurece, se calienta, cambia su poder eléctrico, consume oxígeno y otros principios inmediatos, y exhala ácido carbónico y otros productos.

En el músculo, cuando se contrae, se verifican cambios íntimos en su textura; cambios que, considerados sintéticamente, aparecen como transformación de energías químicas en fuerzas

vivas (calor y trabajo mecánico); mas si se les analiza, nos ofrecen fenómenos físicos y químicos dignos de cuenta.

Cambios que experimentan los músculos al pasar del reposo á la contracción. — Al entrar en contracción los músculos, cambian de forma, de estructura microscópica, de reacción, de poder eléctrico y de elasticidad. Además consumen principios inmediatos, exhalan ácido carbónico y aumentan de temperatura.

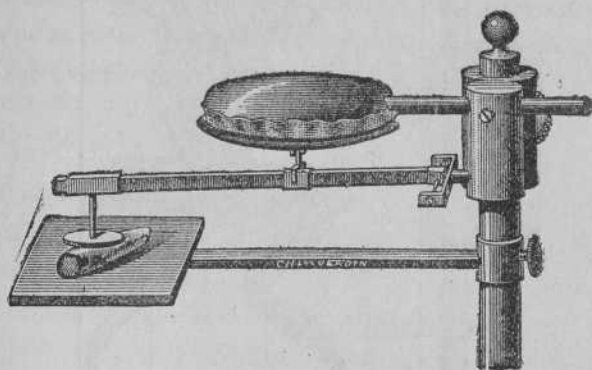


Figura 101.

Miógrafo de transmisión que funciona por la hinchazón que experimentan los músculos cuando se contraen.

El músculo se acorta, se engruesa y se endurece.

Las estrias, visibles por el microscopio, se aproximan unas á otras.

El músculo, que es alcalino en reposo, se torna ácido por la contracción: la acidez se debe al láctico, que se encuentra en cantidades relativamente considerables en los músculos que han trabajado mucho.

Al paso de la onda de contracción, el músculo se va haciendo electro-negativo, y de aquí la variación negativa de las corrientes musculares.

Aumenta el valor absoluto de la elasticidad muscular.

Los músculos consumen glucosa de la sangre, oxígeno y demás principios que contienen en reserva.

Se multiplica la cantidad de ácido carbónico exhalado.

Técnica. — Para el análisis de la contracción usamos de los miógrafos, aparatos cuya invención se debe al ilustre Helmholtz, y sirven para

obtener trazados gráficos de la contracción muscular. Los miógrafos de Marey son los que usamos en el laboratorio, y se fundan en dos distintos mecanismos: ó los cambios de forma del músculo influyen directamente sobre la palanca escribiente, ó de un modo indirecto á favor de la transmisión pneumática; en el primer caso se llaman *directos*, y en el segundo de *transmisión*.

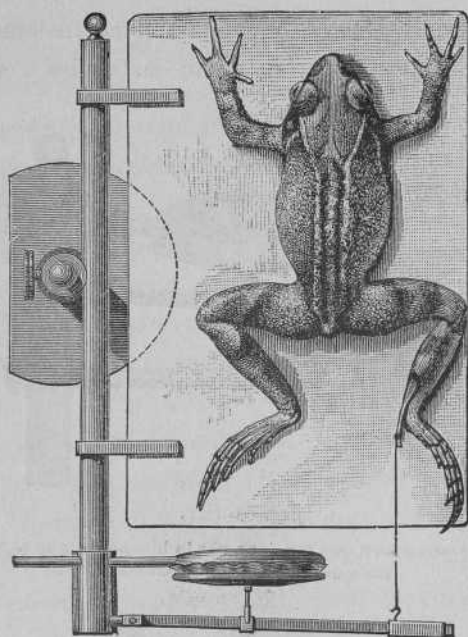


Figura 102.

Miógrafo de transmisión de Marey.

Los miógrafos directos son aparatos autográficos completos: el que va representado en la figura 100 se compone de una mesita de corcho sujeta por una doble pinza á una lámina metálica horizontal, la cual se fija á su vez en un vástago vertical. En la mesita se clava con alfileres una rana cuyos músculos gemelos y el nervio ciático se encuentran preparados. Al tendón de Aquiles se ata un hilo que por el otro extremo se sujeta al botón que lleva la palanca escribiente; ésta es horizontal y se mueve alrededor de un eje vertical. Al contraerse el músculo tira de la palanca, pero al relajarse no volvería á su longitud primera si la palanca no tuviese un

resorte ó contrapeso ¹ que tirase de ella en cuanto la contracción cesa. Además, el contrapeso sirve para extender el músculo y estudiar la contracción en relación al peso que el músculo soporta. En la parte superior de la figura se ve el soporte para el excitador.

El miógrafo puede ser doble, es decir, con dos palancas, cada una de las cuales se ata á un músculo distinto, y funcionan á la vez. Sirve el miógrafo doble para comparar las contracciones de dos músculos.

En los miógrafos de transmisión (figura 102) las tracciones de la palanca dilatan ó estrechan la cavidad de un tambor y el movimiento se conduce por el aire del tubo de goma á otro tambor escribiente.

Hay un miógrafo de transmisión aplicable al biceps humano (figura 103), y consta de un cinturón que se rodea al brazo; dicho cinturón lleva un tambor y dos excitadores eléctricos para provocar la contracción; los dos excitadores se ponen en comunicación con el aparato de Ranvier, y el tubo del tambor con otro escribiente.

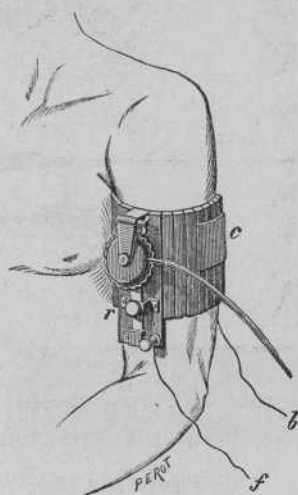


Figura 103.

Miógrafo de transmisión aplicable al biceps humano.

Otro miógrafo de transmisión (figura 101) sirve para obtener la gráfica, no del acortamiento del músculo, sino de la hinchazón que experimenta

¹ Este contrapeso puede ser un platillo que se carga de pesos.

cuando se contrae; para este miógrafo satisface un músculo aislado, v. gr., el gemelo de la rana.

Para estudiar la contracción muscular en el hombre nos servimos del biceps, y las gráficas de las figuras 105 y siguientes han sido obtenidas en el hombre por el Dr. Pérez Zúñiga con el miógrafo de nuestro laboratorio; pero para el ejercicio de los alumnos son preferibles los gemelos de la rana, y he aquí el modo de preparar este animal.

Lo primero que ocurre es asegurarse de los movimientos voluntarios y reflejos de la rana, para que los músculos no se contraigan más que cuando nosotros excitamos el nervio. Á este fin, con un bisturí de hoja estrecha se secciona el bulbo, y luego se introduce una aguja ó punzón delgado por el conducto vertebral para destruir la médula: la operación se da por concluida cuando el animal permanece inmóvil aunque se le pellizque.

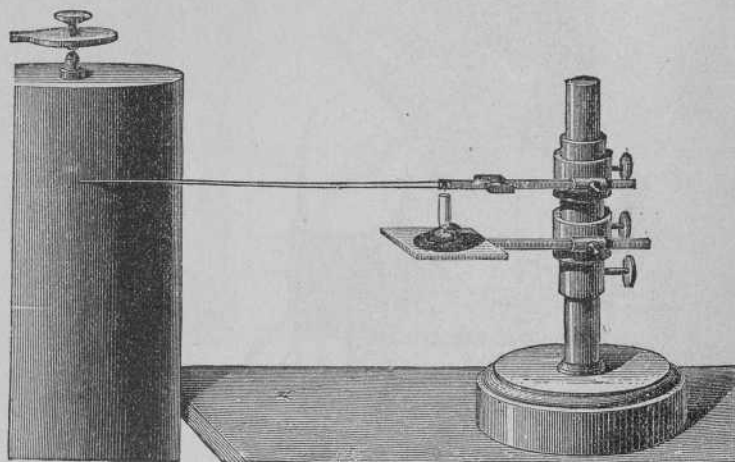


Figura 104.

Miógrafo aplicable á la contracción del corazón de la rana.

Después procédese á la preparación del nervio ciático. Colóquese la rana sobre el vientre, y hágase una incisión dorsal que se extienda desde la margen del ano á la parte externa del pliegue de la corva; separada la piel, aparecen los músculos, constituyendo dos masas, con un intersticio muy visible entre ellas; la masa externa la forma el triceps, y la interna el semimembranoso. Agrandando el intersticio con un instrumento romo,

pronto se echa de ver que ocupa su fondo un musculito delgado; es el biceps femoral: entre el biceps y el triceps se encuentra la arteria ciática, y entre el biceps y el semimembranoso la vena ciática, que aparece como un hilo negro. Precisamente detrás de esta vena se encuentra el nervio ciático, cordón blanco, nacarado y relativamente voluminoso; no hay más que disecarlo hacia abajo, hasta el punto en que da ramas á los músculos gemelos. Preparado el nervio, se pasa un hilo por bajo y se abriga con los tejidos para que la sequedad no le altere.

La preparación de los gemelos no merece que nos detengamos en ella; seccionada y separada la piel, aparece la masa muscular robusta y bien distinta; no hay más que desinsertar el tendón de Aquiles y atarlo sólidamente con hilo fino y fuerte, que por el otro extremo se fija en la palanca.

Preparada la rana, resta echarla dorso arriba sobre la mesa de corcho y fijarla con alfileres; luego se coloca el nervio ciático sobre los dos gan-chitos en que se terminan los excitadores eléctricos.

Lección LXXII.

Funciones de los músculos. (Conclusión.)

Sumario: Análisis de la contracción muscular. — Contracción simple; circunstancias que influyen en su amplitud y duración. — Fatiga de los músculos. — Contracción tetánica: mecanismo de su producción. — Teoría de la contracción muscular. — Valoración del trabajo de los músculos. — Rigidez cadavérica. — Paralelo entre los músculos lisos y estriados.

Análisis de la contracción muscular. — Este análisis á favor del miógrafo nos enseña que la contracción de los músculos estriados en las acciones ordinarias de la vida se compone de la fusión de multitud de sacudidas ó contracciones simples; pero está en nuestra mano el producir aisladamente dichas sacudidas, ó en series tan precipitadas, que se fundan las unas con las otras.

Á la contracción aislada se la designa con los nombres de *simple* ó *sacudida*, y á la que resulta de la fusión de muchas simples, *tetánica*. Tetánicas son las contracciones que producen los músculos de nuestro esqueleto cuando nos movemos, respiramos, masticamos, etc.

Contracción simple. — La provocamos excitando el nervio motor con un choque de la corriente farádica, ó al cerrar ó abrir un circuito galvánico. También se produce aplicando directamente al músculo cualquiera de los agentes que despiertan su actividad.

La figura 105 muestra dos curvas de contracción muscular simple, obtenidas en nuestro laboratorio por el Dr. Pérez Zúñiga, sirviéndose del miógrafo de Marey aplicado al biceps de un hombre adulto. El trazado que va al pie de dicha figura y de las que siguen corresponden á la señal eléctrica de Deprez, y marca el momento de las excitaciones y su número: la línea ascendente del trazado señala la abertura, y la descendente el cierre del circuito.

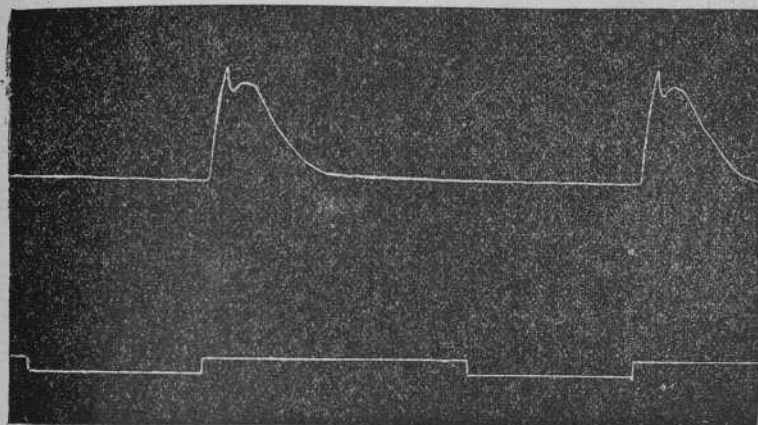


Figura 105.

Curvas de contracción simple del músculo biceps.

La sacudida simple aparece en la gráfica como una curva compuesta de dos partes: una ascendente, que corresponde al acortamiento del músculo; y otra descendente, que equivale á la vuelta del órgano á su primitiva longitud. La línea ascendente es brusca y casi vertical; la descendente es ondulosa y se desarrolla con relativa lentitud, como que la primera se debe á un fenómeno rapidísimo, el acortamiento, y la segunda es un producto complejo de las fuerzas que estiran el músculo (inserciones, pesos ó resortes) y de la resistencia que éste opone á la extensión ¹. Esta re-

¹ Recuérdese que el músculo cede mucho al principio del estiramiento, y luego más lentamente.

sistencia es mayor en un músculo que acaba de contraerse, ó, mejor dicho, que aún no ha concluído de contraerse; me fundo, para creer lo último, en que el gancho de la línea descendente parece un nuevo intento de contracción.

La contracción no comienza inmediatamente después de la aplicación del excitante, sino que entre ésta y aquélla media cierto espacio, llamado *excitación latente ó tiempo perdido*. El período latente se emplea en el trabajo de transformación que tiene lugar en las intimidades del músculo al pasar del reposo á la contracción.

Dicho período se ha calculado en $\frac{1}{100}$ de segundo, término medio.

La tensión del músculo (contracción isométrica), y el acortamiento (contracción isotónica), aunque se cumplen en el mismo tiempo, no se desarrollan paralelamente, porque el músculo alcanza más rápidamente su mayor tensión que el máximo acortamiento. Además, la tensión se sostiene en su máximo más tiempo que el acortamiento.

La forma de la curva y, por tanto, la amplitud y duración de la sacudida contráctil, varían en las diversas circunstancias; entre ellas mencionaremos la clase de fibras musculares, la intensidad del excitante, la temperatura, el peso que ha de levantar el músculo al contraerse, y la fatiga.

El acortamiento es tanto mayor cuanto más longitud tiene el músculo, y se verifica más rápidamente en las fibras blancas que en las rojas ¹.

Dentro de ciertos límites, la amplitud de la contracción aumenta con el excitante. Empleando las corrientes eléctricas en intensidades progresivas, á partir de un mínimo que no produce contracción, se van logrando acortamientos del músculo cada vez mayores, hasta llegar á un máximo en que la contracción no aumenta á pesar del crecimiento del excitante. La duración de la sacudida parece indiferente á la intensidad del excitante: quiere decir, que al par que gana el músculo en acortamiento, aumenta la brusquedad de la contracción.

El calor ejerce una gran influencia en el trabajo de los músculos, como lo demuestran los trazados que se obtienen con los músculos de rana so-

¹ Entrambas clases de fibras se encuentran en los músculos estriados, y en ciertos animales, los conejos, v. g., forman manojos distintos.

metidos á diversas temperaturas ¹. En general puede afirmarse que el *frío* disminuye la amplitud de la onda y hace aumentar extraordinariamente su duración; el calor, por el contrario, aumenta mucho la amplitud y disminuye la duración. Cuando el frío obra por poco tiempo, es tónico y aumenta algo la amplitud; el calor excesivo frustra el retorno del músculo á su longitud primitiva, y acaba por reducirle á un estado de acortamiento permanente, que luego estudiaremos con el nombre de *rigidez*. La temperatura más favorable para los músculos de rana varía poco de 30° C.

Cuando se aumenta progresivamente el peso que un músculo ha de levantar al contraerse, se observa que al principio es mayor la amplitud de la curva por el favor que recibe el músculo de la gravedad que coadyuva á la extensión; pero á medida que el peso aumenta va menguando el acortamiento, hasta que llega á ser imposible, y entonces la contracción se convierte en isométrica.

Fatiga de los músculos. — Después de un ejercicio continuo ó penoso experimentamos una sensación desagradable, que definimos por cansancio ó fatiga: si en tal situación nos empeñamos en seguir el trabajo, hemos de desplegar toda nuestra voluntad, y, á pesar de ella, los movimientos carecen de energía, son torpes, temblorosos y no pueden sostenerse como de ordinario. La prolongación de este estado convierte la sensación molesta en dolorosa, y la debilidad de los músculos en impotencia absoluta. Basta el descanso para que los músculos recobren su energía.

El análisis nos muestra el cansancio de los músculos porque su contracción pierde mucho en amplitud y gana en duración, y al mismo tiempo la reacción del músculo se torna ácida por el láctico que se encuentra en el plasma muscular. Sin embargo, en la sangre del hombre no aparece el ácido láctico ni aun después del cansancio muscular más completo, y es lógico dedu-

¹ Á este fin usamos en el laboratorio un tubo de los que sirven para contener pintura: lo enchufamos por sus extremos á otros de goma, y lo aplastamos hasta darle la forma de canal; sobre la canal colocamos el músculo, y por el tubo hacemos circular agua fría ó caliente, según convenga.

cir que dicho ácido, ó se combina con las bases, ó se oxida y se convierte en carbónico y en agua.

En los músculos aislados se disipa la fatiga sometiéndolos á una corriente de agua salada ó alcalina, y mejor aún añadiendo á la solución salina un cuerpo oxidante, como el permanganato de potasa (Kronecker). Sin duda los álcalis neutralizan y el oxígeno oxida al ácido láctico producido.

Ahora bien, en los movimientos interviene el cerebro, en cuanto es instrumento de la voluntad, los nervios motores que conducen los impulsos y los músculos que realizan el trabajo: es evidente que las tres partes son susceptibles de agotamiento; pero ciertas investigaciones indican que la fatiga alcanza primero al cerebro, luego á los músculos y finalmente á los nervios.

Mosso ha sometido uno de los dedos de su mano á un movimiento continuo y observó que cuando los músculos, por fatigados, se declararon impotentes para seguir el servicio, las excitaciones eléctricas directamente aplicadas á ellos les movían á nuevas contracciones. De aquí dedujo el profesor italiano que el cansancio era del cerebro.

Gad¹ cita este otro experimento para demostrar lo que él llama infati-

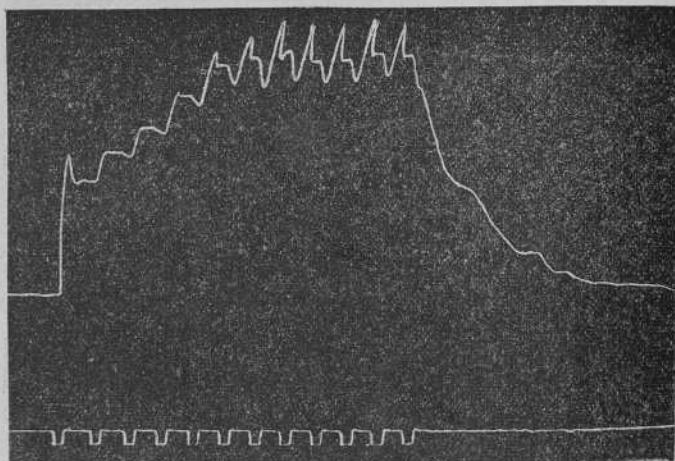


Figura 106.

Contracciones simples fusionadas para constituir una contracción tetánica.

¹ Gad. obra citada, pág. 87.

gabilidad de los nervios, y yo llamaría fatiga relativa de los músculos. Se preparan los nervios ciáticos en dos gatos: se somete el uno á la acción de una fuerte dosis de morfina, y el otro á una dosis media de curare, insuficiente para matarle (si se mantiene artificialmente la respiración), pero bastante á paralizar sus músculos. Por los dos nervios se hace pasar á la vez una corriente tetanizante, y se insiste en ella durante una larga sesión; los músculos del gato morfínizado se contraen hasta agotarse; los del curarizado permanecen inmóviles por lo pronto, mas al cabo, el veneno se elimina y comienzan á contraerse, no obstante el largo tiempo que lleva el nervio bajo la influencia de la excitación eléctrica.

Contracción tetánica. — Resulta, como hemos dicho, de la fusión de muchas sacudidas simples, y acerca de su mecanismo declaran las gráficas de las figuras 106, 107 y 108 que se han obtenido por excitación farádica del biceps humano.

Obsérvese en la figura 106 que si una nueva excitación sorprende al músculo cuando empezaba á extenderse, se eleva de nuevo con un segundo acortamiento, y que este fenómeno se repite hasta constituir toda la gráfica una sola curva dentada, cada uno de cuyos dientes representa una contracción añadida y combinada con la anterior y con la que le sigue.

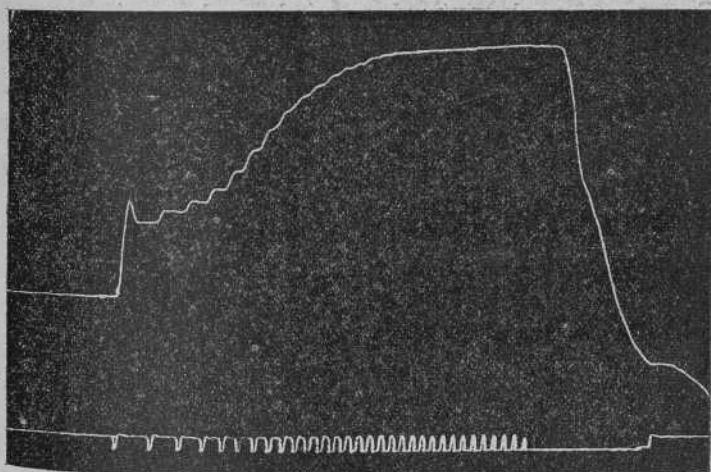


Figura 107.

Curva de contracción tetánica en cuyo principio se marcan las sacudidas que la componen.

Nótese que el acortamiento es progresivo hasta que alcanza un máximo irrebable.

En la figura 107 las excitaciones son más frecuentes y más completa la fusión de las sacudidas. Por último, en la figura 108 aparece la curva tetánica tipo, en la cual apenas se marcan las oscilaciones de las sacudidas que la componen,

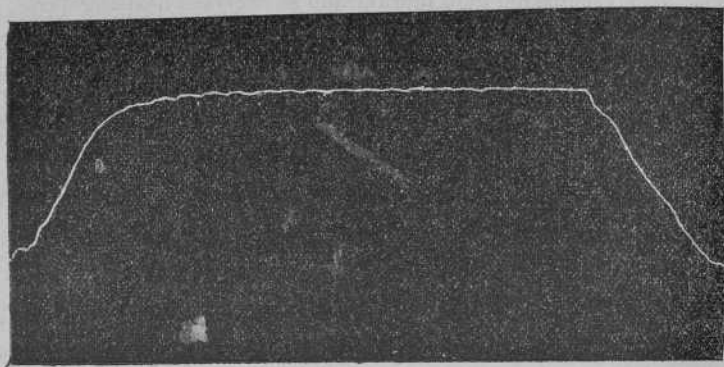


Figura 108.

Contracción tetánica.

Fortuna es que los músculos estriados y el corazón, que tienen que realizar mucho trabajo en poco tiempo, se contraigan tetánicamente, pues esta contracción es más enérgica y durable que la simple sacudida. Probablemente los músculos de nuestro cuerpo tienen gran tendencia á la contracción tetánica, y los impulsos nerviosos motores deben repetirse de 12 á 20 veces por minuto para moverlos al tétanos.

Si con un estetoscopio se auscultan los músculos contraídos, percíbese un sonido cuyo tono ha sido calculado por Helmholtz en 19,5 vibraciones por segundo; estas vibraciones corresponden, sin duda, á las sacudidas simples que se contienen en la contracción tetánica.

Teoría de la contracción muscular. — Los músculos son unas poderosas máquinas de trabajo ordenado ó rítmico, pues la substancia muscular, á diferencia de las explosivas, lejos

de esparcir y dilatar sus moléculas á los cuatro vientos del cielo, las aproximan, las cambian de lugar y reconstituyen rápidamente su forma primitiva, quedando en disposición de producir nuevas contracciones.

Ninguna máquina posee la industria que se parezca á la muscular por sus rendimientos y por la posibilidad de producir explosiones sucesivas regenerándose el explosivo á cada nueva contracción. Por estas razones decía el ilustre Letamendi que ni la navegación aérea ni la submarina lograrían su meta si antes no se inventaba un motor parecido á los músculos ¹.

Ya en otro lugar ² he disentido que, aunque los músculos producen calor y trabajo mecánico, no pueden considerarse como máquinas térmicas. Sin embargo, en calorías ó kilográmetros pueden calcularse exactamente los rendimientos de los músculos. El calor y el trabajo mecánico aumentan en proporción al trabajo muscular, pero sus aumentos son relativos; á mucho trabajo mecánico, menos calor; y al contrario.

El máximo rendimiento en forma de calor lo producen los músculos cuando funcionan sin acortarse, es decir, cuando se contraen contra un obstáculo invencible. En estos casos (contracción isométrica) todo el trabajo de los músculos aparece como aumento de temperatura.

El caso inverso, es decir, una contracción muscular que rinda todo su trabajo en movimiento, no puede darse en la realidad, pues la cifra máxima de trabajo mecánico que produce un músculo es el 30 por 100 de las energías que pone en libertad; por esta razón la temperatura aumenta con el ejercicio. Además, mucha parte de la energía empleada en trabajo mecánico se restituye al cuerpo en forma de calor.

Para producir estas energías, los músculos consumen glucosa,

¹ Letamendi: «El motor del porvenir.»—*La España Moderna*, Noviembre 1889.

² Véase la lección LIII.

grasa y oxígeno; el nitrógeno contenido en su protoplasma apenas tiene movimiento, y así podemos considerar el órgano como una máquina cuyo almacén le forman sustancias proteicas y el combustible las primeras materias arriba nombradas. De aquí la enorme desproporción entre los residuos proteicos (urea y creatina) y los hidro-carbonados (agua, ácido carbónico y ácido láctico) que produce la función de los músculos; como que los primeros representan el desgaste de la máquina, y los segundos el gasto de combustible.

De estos hechos parece deducirse que en los músculos se produce una sustancia que de una parte promueve los cambios de forma (contracción) y de otra la producción de calor. Es difícil explicarse cómo esta sustancia produce la aproximación de las moléculas del músculo á la vez que se oxida; pero, sea lo que fuere, lo interesante es que después de cada contracción dicha sustancia se regenera, probablemente con el oxígeno y el glucógeno que hay de reserva en el músculo y con los nuevos elementos que aporta la sangre. Sólo cuando el trabajo es muy continuado los músculos se destruyen, y entonces aparece en la fibra un proteico coagulado, la *miosina*¹, que no se encuentra en el estado normal.

Hermann suponía en el músculo un cuerpo, el *inógeno*, que por su descomposición daba lugar á la contracción y producía de una parte miosina y de otra los ácidos carbónico y sarcoláctico: estos últimos desaparecían por excreción, pero aquélla quedaba en el músculo y reconstituía el *inógeno* con nuevos materiales suministrados por la sangre. Tiene esta hipótesis á su favor el hecho de presentarse la miosina en los músculos rígidos, ora por causa de muerte, ora por falta de nutrición, y explica ingeniosamente la reconstitución del músculo para sucesivas contracciones.

Fick es autor de otra hipótesis que satisface la producción de calor y trabajo mecánico por los músculos: según este fisiólogo, la combustión de los hidratos de carbono y de las grasas no se verifica de un solo golpe, sino por grados sucesivos; del primero resultaría una sustancia que excitaría la atracción longitudinal entre los discos musculares (contracción);

1 Cuando se tritura un músculo helado de rana, da de sí un líquido alcalino, llamado plasma muscular: luego, elevando dulcemente la temperatura, se coagula, y el coágulo se debe á la miosina, sustancia proteica parecida á las globulinas y cuyos principales caracteres quedaron estudiados en la clasificación inserta en la pág. 137.

y del segundo, cuerpos totalmente combustionados, como el ácido carbónico y el agua: de esta última combustión procedería el calor.

El músculo no se contrae instantáneamente en toda su longitud, sino que en cada fibra la contracción se propaga en forma de *onda*, llamada de contracción; esta onda corre con diversa velocidad, según la temperatura y la clase de músculos, habiéndose calculado para los humanos en 10 metros por segundo. Ahora bien: dada esta velocidad y lo cortas que son las fibras musculares (de cuatro á cinco centímetros), resultará que la onda ha llegado á la extremidad opuesta á la de su ingreso cuando esta última aún no se ha modificado por completo. Por esta razón parece instantánea y simultánea la contracción de un músculo.

La onda no se propaga de una fibra á las inmediatas, y por

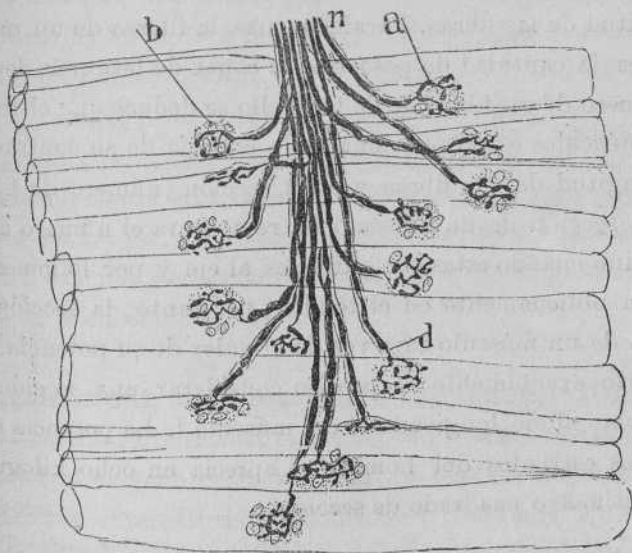


Figura 109.

Placas motoras de un trozo de músculo intercostal de conejo según Cajal ¹.

¹ a, Arborización terminal del cilindro-eje; b, núcleos y materia granulosa (placa motriz, colina de Doyère); d, punto en que cesa el forro de mielina; n, nerviecito.

tanto hay que aceptar que, cuando un músculo se contrae completamente, todas las fibras son excitadas á la vez por sus respectivos filetes nerviosos.

Como puede verse en la figura 109, el nervio motor penetra en el tubo muscular al nivel de una placa granulosa llamada *placa motora ó colina*; esta placa representa el protoplasma del músculo. El nervio se despoja de su mielina y vaina de Schwan, y se termina en arborizaciones libres. (S. R. Cajal.)

Valoración del trabajo de los músculos. — El trabajo de un músculo se calcula por el peso que eleva y la altura á que lo eleva, es decir en kilogrametros, unidad que equivale á la elevación de un kilogramo á un metro de altura en un segundo. Ahora bien: la altura á que un músculo eleva un peso depende de su acortamiento, y éste, como hemos visto, es proporcional á la longitud de las fibras. Paralelamente, la fuerza de un músculo, ó sea la cantidad de peso que es capaz de levantar, depende del número de sus fibras, y de todo ello se deduce que el trabajo de los músculos es proporcional á la energía de su contracción, á la longitud de sus fibras y á su sección (número de fibras). Pero la sección de un músculo no representa el número de sus fibras sino cuando éstas son paralelas al eje y por lo general se insertan oblicuamente en el tendón; por tanto, la sección geométrica de un músculo rara vez da el valor de su potencia. Para calcularlo exactamente es preciso considerar una sección perpendicular al eje longitudinal del músculo ¹. La potencia de los músculos estriados del hombre se aprecia en ocho kilogramos por centímetro cuadrado de sección.

Rigidez cadavérica. — Aunque este tema no pertenece á la Fisiología, se enlaza tan estrechamente con la historia del músculo, que no hay sino tratarlo.

¹ Sección fisiológica la llama Gad.

Después de la muerte, y en un período variable entre algunos minutos y veinticuatro horas, los músculos, incluso el corazón, se atiesan y endurecen, pierden la elasticidad, son inexcitables, su reacción se torna ácida, no producen corrientes eléctricas y disminuyen de cohesión. En este estado, los miembros se enva-
ran y todo el cadáver parece hecho de una pieza; pero si violentamente se dobla una parte, doblada se queda y los músculos no recobran la rigidez.

La rigidez comienza por los músculos masticadores, sigue por los del cuello y tronco, y se concluye en los miembros; luego, pasadas veinte ó más horas, desaparece en el mismo orden en que comenzó y la sustituye la corrupción cadavérica.

La rigidez se debe á una alteración de la substancia muscular con coagulación de la miosina y producción de los ácidos láctico y carbónico. Se la puede producir artificialmente, sumergiendo los músculos en agua á 50° (*rigor caloris*), privándolos de nutrición mediante ligadura de su arteria é inyectándoles ácido láctico y extracto de músculos fatigados: esta rigidez artificial desaparece con el riego sanguíneo ó haciendo circular por los vasos disoluciones salinas (cloruro de sodio al 10 por 100). Por todo lo cual se concluye, que la rigidez se debe á un fenómeno de fermentación y se acompaña del acúmulo de productos oxidados en la substancia muscular.

Paralelo entre los músculos estriados y lisos. — El primer carácter diferencial conocido, fué que los estriados se encuentran al servicio de la voluntad, y los lisos se mueven por excitaciones automáticas y reflejas; pero como hay músculos estriados (el corazón y el diafragma) que no dependen directamente de la voluntad, y otros lisos que dependen de ella (músculos vesicales y de los invertebrados), dicha diferencia no puede mantenerse con carácter exclusivo.

La principal diferencia surge de las funciones de ambas clases

de músculos: los lisos se contraen por sacudidas, y éstas son menos amplias y más durables que las de los estriados. Además, como las fibras lisas se anastomosan entre sí, la onda de contracción se propaga de unas á otras.

Las fibras lisas no son susceptibles de tétanos, mas en cambio producen una contracción progresiva y sostenida, que es lo que constituye el espasmo. Las influencias de la temperatura se marcan más sobre los músculos lisos que en los estriados.

Lección LXXIII.

Funciones de los ganglios nerviosos.

Sumario: Funciones de los ganglios nerviosos en general. — Automatismo: casos que comprende. — Clasificación de los ganglios. — Funciones de los ganglios orgánicos. — Idem íd. de los regionales. — Idem ídem de los medulares. — Idem íd. de los encefálicos.

L 11 Funciones de los ganglios nerviosos en general. —

Por su situación intermedia en el sistema nervioso ¹, son los ganglios estaciones de tránsito, organización y ejecución para los impulsos nerviosos que descienden del cerebro (impulsos motores), asiento y centros de las funciones automáticas y reflejas, y administradores de los impulsos sensitivos que ascienden desde los aparatos sensoriales al área somato-psíquica.

Las órdenes de la voluntad jamás se hacen efectivas por los músculos sin el trámite de los ganglios, que hacen el oficio de coordinadores y ejecutores de las acciones voluntarias. Queremos levantarnos, andar, pararnos, etc., y nos levantamos, andamos ó nos paramos, sin preocuparnos de los músculos que hemos de contraer ni del concierto de estas acciones complejas. Verdad que la voluntad influye en el aprendizaje de ciertos movimientos; pero una vez adquiridos, la orden voluntaria se cumple y se concierta por los ganglios.

¹ Véase la lección LXXVI.

Los impulsos sensoriales tampoco alcanzan al cerebro sin hacer antes estación en los núcleos aferentes de los ganglios; éstos los reciben de primera mano, y los trabajan y administran para alivio de las funciones superiores. Pudiera decirse que eran registros de entrada encargados de dar curso á las impresiones, y en consecuencia, despachan hacia el cerebro los impulsos determinantes de la sensación, y hacia los núcleos motores los que hubieran de ser ejecutivamente servidos (reflejos).

Anatómicamente considerados, los ganglios son órganos nerviosos enlazados entre sí, constituyen un sistema de subordinaciones jerárquicas, y se componen de células y de conductores: las primeras aferentes y motoras, y los segundos centrípetos, centrífgos y comisurantes.

Visto que sólo meras diferencias de jerarquía ó complicación separan las funciones del simpático de las de la médula y núcleos grises del encéfalo, comprenderemos en el estudio de las funciones ganglionares, desde los microscópicos, que se encuentran en las intimidades de los órganos, hasta los nombrados núcleos grises de la base del cerebro.

Automatismo. — Las células ganglionares pueden ser excitadas directamente por las substancias que circulan con los humores, y suelen derramar por los nervios centrífgos las energías que guardaban como remanente de excitaciones anteriores; pero sin estímulos internos ni sombra de excitaciones periféricas, son aptas, por juro de su inestabilidad molecular, á producir impulsos nerviosos eferentes. En rigor, de los tres casos propuestos, sólo el último merece el nombre de automático, pero de ordinario se comprenden todos en el automatismo de los ganglios nerviosos.

Ante todo debo una declaración: que no puedo ni debo incluir en este automatismo á las funciones anímicas, de las cuales me ocuparé cuando estudiemos el cerebro.

Que las células ganglionares pueden ser estimuladas directamente por excitantes físicos y químicos, es un hecho experimental que muchos de mis alumnos han presenciado cuando se excitan el cerebro y bulbo de perros

y conejos; que esta excitación directa puede ser promovida por sustancias que circulan con la sangre, pruébanlo el estado fisiológico, los efectos del ácido carbónico sobre los centros respiratorios, y en el patológico, los del alcohol, opio, etc.

No es tan aparente la segunda ocasión del automatismo, y, sin embargo, su teoría no puede ser más sencilla. Dada una corriente centripeta, engendrada por una impresión cualquiera, puede suceder, y sucede, que no sea bastante á mover la inercia del ganglio, y allí queda como *substratum*, sin dar lugar á reflejo alguno. Un cambio de condiciones en la célula ganglionar puede aumentar su fuerza explosiva ó disminuir la resistencia que primeramente ofreció al impulso centripeto, y entonces se descarga por los nervios motores. Dudo mucho, y es muy legítima la duda, tratándose de mecanismos tan complejos, que sea sólo la primitiva energía recibida la que se vierte por los nervios motores, y creo que debe ir aumentando con la que proviene de un segundo impulso, que por liviano escapa al análisis, ó con la que la misma célula produce por su explosión. El primer caso podemos imaginarlo perfectamente haciendo caer desde cierta altura unas gotas de agua sobre un vaso lleno; no sólo se vierten las que añadimos, sino muchas de las que se contenían en el recipiente, por inercia del líquido. Si ahora queremos un ejemplo fisiológico, no hay más que recordar las distintas reacciones que produce en un sér animado la misma excitación. De una rana decapitada podemos predecir cuál va á ser el movimiento que sigue á una excitación propuesta; pero nadie debe afirmar cómo responderá un hombre á una injuria, porque es imposible *a priori* saber cómo estará cargada la mina. Además, todas las acciones rítmicas del sistema nervioso se basan en esta explicación del automatismo, pues se supone que reciben las células constantemente impulsos centripetos, y sólo producen movimiento cuando se ha juntado bastante energía para vencer las resistencias que oponen.

Finalmente: por ley de su inestabilidad molecular, las células ganglionares, como los músculos, tienen alternativas de reposo para reponer su substancia (asimilación), y de movimiento para no morir de inactivas (desasimilación), pues ya sabemos que el trabajo es la condición de la materia viva. Quizá en el ritmo de la nutrición está el secreto de ciertas funciones nerviosas también rítmicas.

11 **Clasificación de los ganglios.** — Los ganglios gozan de limitada autonomía, y siempre dependen inmediatamente de los

que les son superiores, y mediatamente del encéfalo: éste se encuentra unido *directamente* á los ganglios periféricos por cables *directos*, los nervios bulbares, y de ellos se sirve para recibir las impresiones de los órganos y para regirlos. En suma, el gobierno central encefálico posee un servicio que corre escalonado de ganglio á ganglio, y conductores directos que unen el centro con los departamentos orgánicos.

Para mejor inteligencia de las funciones de los ganglios, conviene separarlos en cuatro categorías: *orgánicos*, *regionales*, *medulares* y *encefálicos*. Las dos primeras comprenden las funciones del gran simpático, cuyos detalles han sido estudiados en la nutrición¹.

11 **Ganglios locales ú orgánicos.** — Pertenecen á la esfera del gran simpático y se alojan en la trama de las vísceras: ejemplos los automotores cardíacos, los plexos de Auerbach y de Meissner del intestino, los de las arterias del páncreas, etc.

Estos ganglios cumplen un triple papel:

1.º Rigen inmediatamente al movimiento de los músculos viscerales y les inducen la forma específica de su contracción. Si el corazón se contrae por sístoles alternados de sus aurículas y ventrículos, débelo á sus ganglios propios; y de igual modo, los ganglios del tubo digestivo son responsables de los movimientos en ondas peristálticas. Prueba que estos órganos, separados del sistema central, aún conservan su forma específica de contracción.

2.º Presiden á los reflejos que pueden tramitarse en la jurisdicción de las vísceras. Para no citar más que un ejemplo, recuérdese que el corazón de la rana, aislado del cuerpo del animal, modifica el ritmo de sus latidos en relación con las presiones que soportan sus cavidades, ó de la temperatura del ambiente.

¹ Véase *inervación cardíaca, vascular, del estómago é intestinos, nervios secretorios*, etc.

3.º Son intermediarios entre los ganglios superiores y los órganos, como lo demuestra la acción de ciertos venenos, v. gr., la atropina. Si se excita la cuerda del tambor (nervio timpánico), se produce una hipersecreción de saliva en la glándula submaxilar, y al mismo tiempo se dilatan los vasos de la misma y los de la mitad anterior de la lengua; pero cuando previamente se inyecta atropina, se impide la sialorrea, quedando vigente la congestión.

de 11 **Ganglios regionales.** — Designo con este nombre á los gruesos ganglios de los plexos (semilunares, solares, de Wisbrerg) y á los del cordón central del gran simpático. Las funciones de estos ganglios se dilatan á territorios orgánicos extensos, y probablemente son los encargados de conectar los de las diversas vísceras que concurren á un fin común, v. gr., los intestinos gruesos, los delgados, el estómago, el bazo y páncreas, los vasos del abdomen, etc. En detalle, las funciones de estos ganglios comprenden las siguientes partes:

A. Son focos de inervación tónica para las arterias, y de inervación excito-motora para las fibras musculares lisas de las vísceras. Así lo presuponen las experiencias de Dastre y Wertheimer¹ acerca de los vasos y del intestino, y las de Houckgeest sobre el último².

B. Son centros reflejos para las obscuras reacciones del orden vegetativo, y por este lado, alivian á la médula de multitud de atenciones é imprimen vigor y exactitud á la mecánica visceral.

C. Son estaciones intermedias entre el eje encéfalo-raquídeo y los ganglios orgánicos. Su situación dista tanto de la autonomía como de la dependencia, y mediante las ramas comunicantes medulares reciben filetes centrífugos de las astas anteriores y los emiten centrípetos para los ganglios de las raíces posterio-

¹ P. Morat: *Sur quelques partic. de l'inervation de l'estomac*, etc. — E. Wertheimer: « Inhibition réflexe, » etc. *Archives de Physiologie*, 1892 y 93.

² Van Bram Houckgeest: *Arch. Pfüger*, 1872.

res: por los primeros dispone la médula de la excitación y del veto (inhibición), y por los segundos descarga el triesplánico las solicitudes de los órganos que él no puede atender.

En tal concepto, los ganglios regionales son unas veces multiplicadores de las excitaciones medulares; otras, cajas de resistencia para las mismas; otras, instrumentos de inhibición, y otras meros conductores en la doble dirección centripeta y centrifuga.

gll **Ganglios medulares.** — La médula espinal, con el bulbo por cabeza, representa una serie de ganglios simétricos, situados los unos sobre los otros y confundidos anatómica y fisiológicamente, hasta el punto que toda división por planos transversales es puramente artificial. Lo que de cierto cabe decir, en general, es que la médula se encuentra en doble comunicación (aférente y eférente) con el triesplánico y se afianza también doblemente al cerebro y al cerebelo.

En el sentido de la transmisión, la médula es el camino que forzosamente tienen que correr casi todos los impulsos sensoriales que ascienden al encéfalo y los motores que descienden á los músculos. En punto á innervación, la médula se puede descomponer prácticamente en dos sistemas: uno motor, que comprende á las astas anteriores y parte del cordón antero-lateral; y otro posterior, que se refiere á las astas posteriores, ganglios de las raíces, parte del cordón lateral y al cordón posterior¹.

Difícil es una generalización de las funciones ganglionares de la médula; pero por la observación atenta de los fenómenos que se suceden en los anfibios después de decapitarlos, pueden sentarse varias conclusiones, á saber:

α. La médula abarca en su jurisdicción á todas las funciones vegetativas, como lo prueba que la respiración, la digestión, la circulación, las secreciones, etc., se siguen cumpliendo con perfecta regularidad después de la anulación del encéfalo.

¹ El cordón posterior se descompone en dos manojos: el de Goll y el de Burdach.

β. Preside á los reflejos de todos los músculos voluntarios. Los reflejos medulares son adaptados á los movimientos de atracción, de repulsión y de huida. Una rana decapitada retira el miembro en que se la pellizca, rechaza el instrumento que la ofende, salta si se la hostiga con dureza, se limpia con las ancas una gota de ácido acético depositada en el dorso, y ¡qué más! cuando antes de poner el ácido se le amputa el anca del mismo lado, prueba á limpiársela con el muñón; y cuando el intento resulta irrealizable, acude al anca del opuesto ¹. Una rana decapitada es, sin embargo, incapaz de recobrar su posición ordinaria: muere sin sufrimiento, inmóvil en la posición que se la coloque, y no reacciona por excitaciones auditivas ú ópticas.

γ. Subvenciona al gran simpático, respecto al cual se reserva las dos riendas del gobierno: la excitación y la inhibición, y al propio tiempo se reserva inmediatamente en el pneumogástrico un hilo directo para influir sobre las vísceras. Por este cable se establecen las adaptaciones rápidas del concierto vegetativo ².

Ganglios encefálicos. — Son los de más elevada jerarquía, y comprenden los núcleos de substancia gris de la protuberancia, del cerebelo, de los pedúnculos cerebrales, tubérculos cuadrigéminos, tálamos ópticos y cuerpos estriados.

De las funciones de estos ganglios he de hacer más adelante un capítulo especial, por sus inmediatas relaciones con el cerebro.

¹ He repetido muchas veces este experimento delante de mis alumnos.

² Todos los grandes plexos viscerales reciben fibras del simpático y del eje medular.

Leccción LXXIV.

Funciones de la médula espinal.

Sumario: Doble carácter de las funciones de la médula. — Transmisión centripeta y centrifuga. — Métodos de investigación. — Sistema centripeto. — Transmisión y ejecución de las determinaciones voluntarias. — Organización de los movimientos voluntarios y reflejos. — Análisis de la función de las raíces anteriores. — Sensibilidad recurrente.

• **Doble carácter de las funciones de la médula.** — Por su situación, la médula espinal corona y preside las funciones ganglionares del simpático y es la intermediaria entre la mayor parte del cuerpo y el encéfalo, en la doble dirección centripeta y centrifuga. De aquí que los autores consideren la función de la médula en dos partes; una *conductora* y otra *refleja*.

Cuando estudiamos los instructivos diseños que representan la estructura de la médula en secciones ó cortes practicados á diversas alturas, y vemos cómo los elementos nerviosos se comunican entre sí y con los nervios motores y sensitivos, parece atrevida la semejanza del eje raquídeo con la cadena ganglionar, pese al recuerdo del sistema nervioso arrosariado de los invertebrados y á los indicios de segmentación de la médula en los vertebrados inferiores; pero cuando se penetra en el análisis de las funciones y se observa cómo los mecanismos reflejos se escalonan y pueden ir pereciendo aisladamente, por una serie de cortes metódicamente practicados de abajo arriba, vuelve la idea de la dicha semejanza y nos representamos la médula como un conjunto de ganglios soldados en columna y unidos estrechamente los de uno y otro lado.

Transmisión centripeta y centrifuga. — Los impulsos

nerviosos aferentes ó sensitivos llegan á la médula por las raíces posteriores y se bifurcan en dos corrientes: una que se refleja hacia los núcleos motores de las astas anteriores para promover las acciones reflejas, y otra que asciende hasta el cerebro para ocasionar el fenómeno psíquico de la sensación. Esta transmisión ascendente nunca se hace en una sola jornada, pues no hay fibra centripeta que se extienda desde la médula al cerebro; se cumple por estaciones, y la principal de ellas se encuentra en el bulbo, en donde los impulsos sensitivos se dividen de nuevo: unos caminan hacia el cerebelo, y otros transbordan al lemnisco y continúan hasta alcanzar el cerebro. Mientras el tránsito ascendente se verifica por la médula, los impulsos sensitivos van derivando corrientes que se aprovechan también en la organización de los movimientos reflejos y automáticos.

Á la inversa, los impulsos motores voluntarios llegan á la médula por fibras que vienen directas desde los centros cerebrales, y se organizan, conciertan y ejecutan por los ganglios de la médula. Las corrientes nerviosas cerebrales terminan en la médula su jornada, y de las células de las astas anteriores surgen los nuevos impulsos que han de determinar las contracciones de los músculos.

Á las acciones voluntarias que ejecuta la médula hay que añadir las reflejas que en ella se organizan, y las unas y las otras se cumplen por impulsos nerviosos que conducen las raíces anteriores.

Las funciones de transmisión requieren dos sistemas de elementos nerviosos (células y conductores), uno en relación con los impulsos aferentes y otro para los eferentes; mas como no es posible acción alguna, voluntaria ó refleja, sin el concierto de muchas fibras motoras y la intervención de los impulsos sensitivos, ni tampoco es posible el ejercicio sensorial sin el concurso de los movimientos, debe haber y hay amplias comunicaciones entre los elementos de cada sistema y de un sistema con otro.

Añádanse las íntimas relaciones entre las funciones de nutrición y relación; no se olvide que la propia médula posee vasos, fibras vaso-motoras

y fibras sensibles para sus cubiertas, y con todo ello se podrá formar idea de la complicación anatómica del órgano que estudiamos. La médula suministra en su estructura una prueba elocuente de que en el sistema nervioso todo comunica con todo.

Métodos de investigación. — Para resolver cuestiones tan complejas como las que á la estructura y función de la médula se refieren, es preciso acudir á todos los métodos, ya sean propios ó ajenos de la Fisiología, pues por encima de las atribuciones de cada asignatura está el interés de la ciencia.

En nuestro laboratorio las investigaciones se reducen á cortes metódicos de los diversos cordones de la médula, á excitaciones eléctricas de las raíces, á secciones de las mismas y á los efectos de determinadas intoxicaciones. Poco resulta todo ello, y asombra cómo con tan pobres elementos pudo Bell ¹ instituir su célebre ley, vigente todavía en lo que se refiere á la transmisión centrífuga y muy estimable para el estudio de la transmisión centripeta.

Á estos métodos puramente fisiológicos hay que añadir las preciosas enseñanzas que se deducen del estudio de las degeneraciones. Para comprender el fundamento de ellas, conviene recordar que el cilindro-eje depende de la célula que le da origen, y, en consecuencia, cuando se le separa de ésta, perece y degenera como miembro separado del cuerpo. En los tiempos en que Waller emitió su célebre ley sobre las degeneraciones ² se ignoraba que todos los cilindros-ejes rematan por arborizaciones libres. Dilucidada la terminación de las expansiones nerviosas, gracias á los trabajos de Golgi, Cajal y otros, el tema no ofrece novedad, sino enseñanza: así, pues, siempre que seccionemos una fibra nerviosa, la dirección de la parte que se conserva nos orientará sobre la célula que la produce. Ahora bien: hemos dicho en otra ocasión ³ que por el cilindro-eje emite la célula su inervación para influir sobre los demás elementos, y, por tanto, el sentido de la degeneración es el mismo que siguen de ordinario los impulsos nerviosos. Por ejemplo, al seccionar un nervio motor, la degeneración comenzará en el cabo periférico y correrá hacia el músculo; en un nervio sensitivo, la degeneración comenzará en el cabo central y se extenderá

1 Bell, en 1811, dedujo de sus experimentos que la parte anterior de la médula estaba al servicio del movimiento, y la posterior al de la sensibilidad.

2 Waller, en 1856, estableció que las fibras nerviosas que tienen sus centros tróficos arriba degeneran hacia abajo, y al contrario.

3 Véase la página 690.

hacia los ganglios, es decir, siempre la degeneración sigue la dirección en que normalmente se conducen los impulsos nerviosos.

La aplicación de las impregnaciones metálicas, que permiten distinguir el trayecto de las expansiones nerviosas, y la feliz aplicación de este método á los centros nerviosos de los embriones, han producido á los histó-

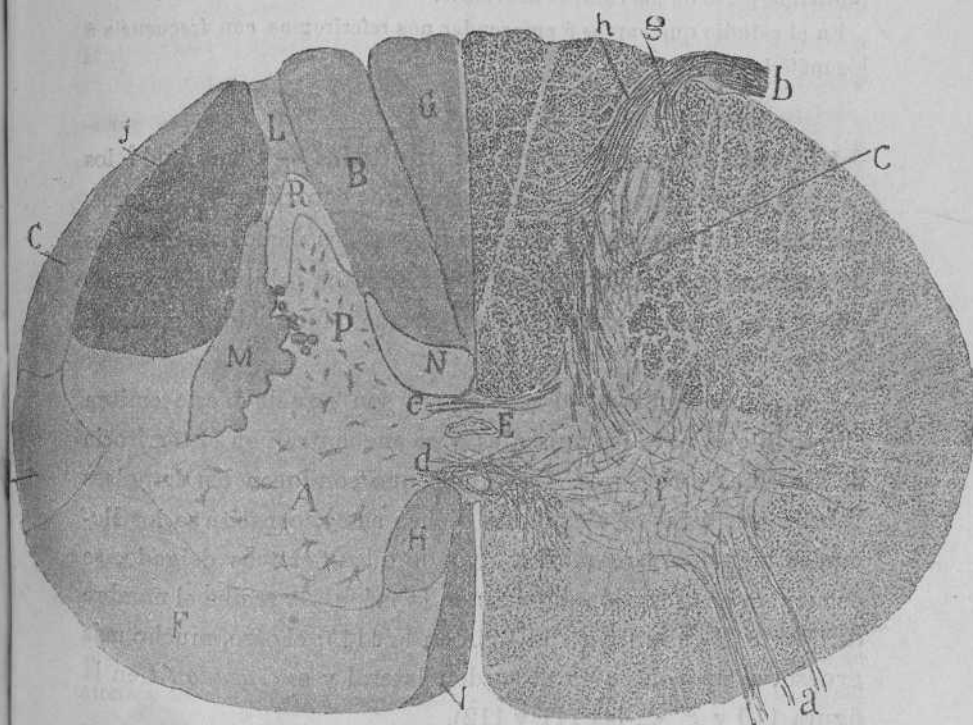


Figura 110.

Corte transversal de la médula cervical del hombre. Á la derecha van representadas las fibras nerviosas meduladas; á la izquierda los diversos manojos en que se divide la sustancia blanca ¹.

1 A, asta anterior; B, asta posterior; R, substancia de Rolando; B, cordón de Burdach; G, cordón de Goll; J, manojó piramidal cruzado; I, manojó piramidal directo; C, fascículo cerebeloso ascendente; D, fascículo de Gowers; F, porción fundamental del cordón antero-lateral; M, manojó del asta posterior; H, manojó de fibras comisurales; L, zona marginal de Lissauer; N, porción fundamental del cordón posterior; a, raíz anterior; b, raíz posterior; c, haz reflejo motor; d, comisura anterior; e, comisura posterior; f, fibras del asta anterior. (S. Ramón y Cajal.)

logos y singularmente á nuestro Cajal, réditos crecidísimos á su trabajo y proporcionados á su ingenio.

Por último: el estudio del desarrollo del sistema nervioso, que no se verifica de una vez, sino por grados fijos y sucesivos, y la concordancia entre los síntomas de los enfermos de la médula y las lesiones comprobadas en la autopsia, han concurrido á completar la historia de esta importantísima parte de los centros nerviosos.

En el estudio que vamos á emprender nos referiremos con frecuencia á los métodos enunciados.

Sistema centrífugo de la médula. — Comprende los núcleos ganglionares que producen fibras centrífugas ó motoras; las fibras de los cordones que conducen á los dichos núcleos, las determinaciones voluntarias y los mandatos inhibitorios; y las fibras que unen entre sí á los diversos focos de inervación motora.

Las células motoras ó radicales son aquellas que emiten cilindros-ejes para los músculos y se encuentran en el territorio de las astas anteriores. Las fibras que conducen los impulsos voluntarios á las células de las dichas astas, constituye los llamados manojos *piramidales*: uno de ellos, el más delgado, se encuentra en el cordón anterior de la médula y recibe el nombre de *directo* (*I* en la figura 110 y *P* en la 111); el otro, mucho más grueso, se encuentra en el cordón lateral y es *cruzado* (*J* en la figura 110 y *P'* en las 111 y 112).

No se sabe á punto fijo cuáles sean los conductores de las órdenes inhibitorias, si bien tenemos indicios en favor de las fibras del manajo fundamental del cordón antero-lateral (*F* en la figura 110): este manajo parece compuesto principalmente de conductores que conectan los diversos pisos de las astas anteriores, y lo prueba que su magnitud es proporcional al desarrollo de la médula en las diferentes regiones. En tal supuesto, las fibras del repetido manajo servirían de comisura longitudinal para la coordinación de las acciones complejas que necesitan del

concurso de muchos músculos distantes entre sí, v. gr., los movimientos respiratorios.

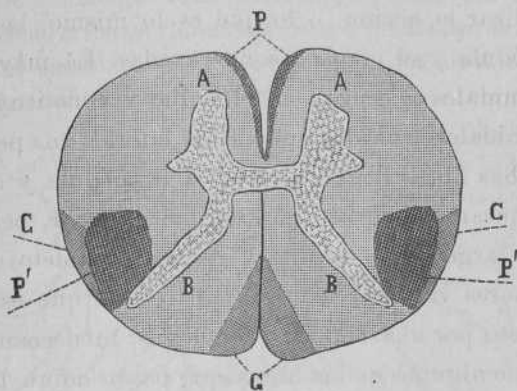


Figura 111.

Corte semiesquemático de la médula al nivel del tercer nervio dorsal ¹.

Las órdenes de la voluntad llegan á la médula por los manojos piramidales y se cumplen por las células de las astas anteriores. Ni una sola fibra de los dichos manojos sale de la médula por las raíces anteriores, sino que todos terminan en relación con las células, y son los cilindros-ejes de éstas, los que producen los nervios motores. Tampoco hay ni puede haber relaciones individuales y concretas entre fibras y células, porque las arborizaciones terminales de aquéllas se ponen en relación con muchas células, y gracias á esta oportuna difusión, las órdenes de la voluntad, que llegan como signos ó mandatos, pueden organizarse y ejecutarse en la médula. Sin embargo, debe existir cierto plan en la difusión de los impulsos nerviosos, pues de otro modo no nos explicaríamos la organización innata de ciertos movimientos, los respiratorios por ejemplo, y la adquirida por otros que, empezando por ser voluntarios, acaban en automáticos, v. gr., los de la locomoción.

¹ A, asta anterior; B, asta posterior; P, manojos piramidales directos; P', manojos piramidales cruzados; C, manojos cerebelosos ascendentes; G, manojos de Goll.

Los impulsos nerviosos voluntarios surgen del hemisferio cerebral del lado opuesto al de los núcleos motores medulares que han de realizar la acción, ó lo que es lo mismo, las relaciones entre la médula y el cerebro son cruzadas. La mayoría de las fibras piramidales se cruzan en el bulbo y constituyen los manojos piramidales cruzados del cordón lateral: una pequeña porción de dichas fibras llegan directas á la médula y constituyen el manojito piramidal directo del cordón anterior, pero luego se cruzan á lo largo de la médula y resulta completo el cruce de los conductores voluntarios. Sin embargo de que este cruce se cree completo por anatómicos y fisiólogos, modernamente se ha supuesto que algunas de las fibras que pasan de un lado á otro repasan en dirección opuesta más abajo y concluyen por ser directas: si este descruce se comprobara, daría satisfacción al hecho de no paralizarse en absoluto ciertos músculos cuando ocurren hemiplejias por lesión cerebral.

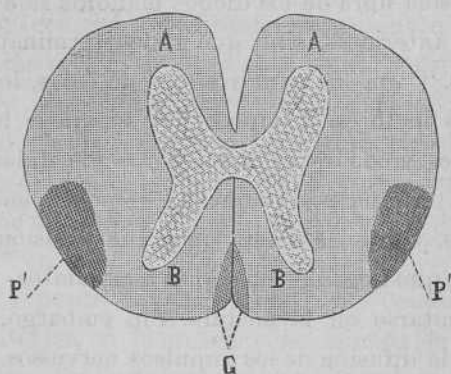


Figura 112.

Corte semiesquemático de la médula en la región lumbar. Las letras tienen la misma significación que en la anterior figura.

Las fibras piramidales degeneran de arriba abajo y son de las últimas que se desarrollan; la razón de este atraso es que ya funciona la médula como centro reflejo cuando aún no se ha despertado la voluntad. Como

dichas fibras van terminándose en relación con los núcleos motores, los manojos piramidales directo y cruzado menguan al par que descienden, pero el primero se extingue antes que el último. Obsérvase en las figuras precedentes, cómo el manajo piramidal cruzado disminuye de arriba abajo; y en cuanto al piramidal directo, es muy pequeño en la región dorsal y falta en la lumbar.

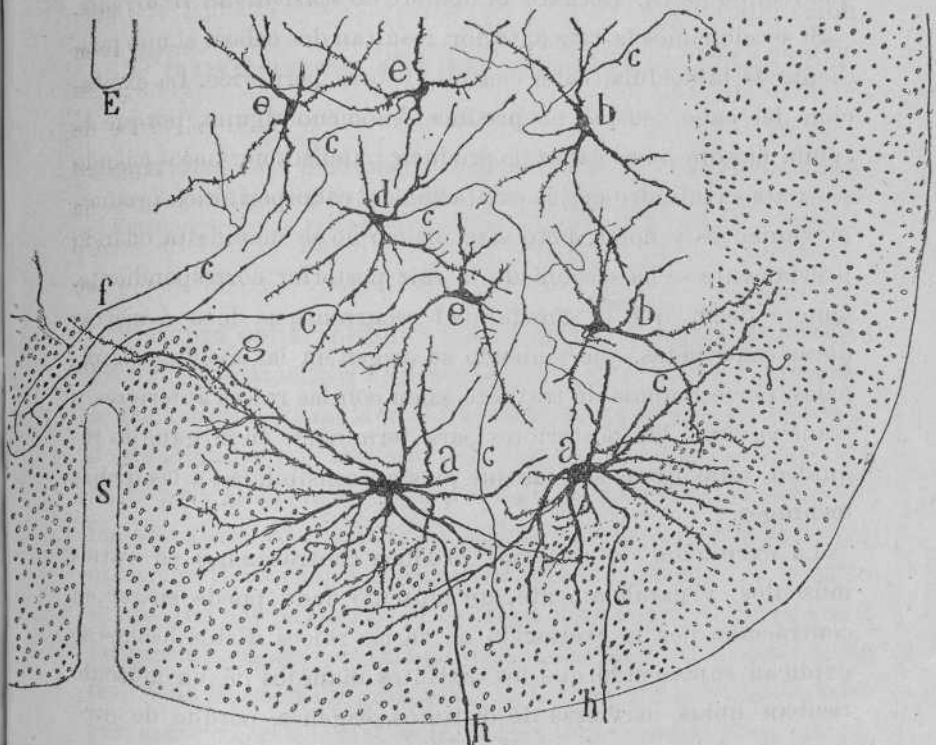


Figura 113.

Células del asta anterior de la médula espinal del embrión del pollo 4.

Funciones de las raíces anteriores. — Son estas raíces cilindros-ejes de las células de las astas anteriores, y van á constituir la parte motora (nervios motores) de los pares raquídeos:

1 *a*, células radicales ó motrices; *b*, células del cordón lateral; *d*, célula del cordón anterior; *e*, células comisurales; *f*, cilindros-ejes de la comisura anterior; *g*, expansiones protoplasmáticas que cruzan el rafe; *E*, epéndimo; *S*, surco anterior. La letra *c* marca los cilindrós-ejes. (S. Ramón y Cajal.)

los músculos del cuello, tronco, paredes abdominales y miembros, reciben su innervación de la médula por estas raíces.

La excitación de las raíces anteriores promueve movimientos en los músculos correspondientes y ocasiona dolor á los animales: el primer fenómeno nada tiene de particular; pero sí el segundo, que recibió de Cl. Bernard el nombre de *sensibilidad recurrente*.

Si seccionamos la raíz anterior, resultan dos cabos: el uno pendiente de la médula, cabo central, y otro periférico. La excitación del cabo central no produce fenómeno alguno, porque la célula motora no es capaz de producir impulsos nerviosos cuando se excita su cilindro-eje; la excitación del cabo periférico produce movimientos y dolor, pero este último no se manifiesta cuando previamente se ha seccionado la raíz posterior correspondiente. Quiere decir, que la sensibilidad recurrente se debe á ciertas fibras centrípetas, que teniendo su origen en las meninges espinales, por economía de trayecto salen con las raíces anteriores y transbordan á las posteriores para terminarse en el ganglio raquídeo; estas fibras son las que prestan sensibilidad á las dichas meninges.

La excitación de una raíz produce contracciones en varios músculos; y paralelamente, un músculo dado puede entrar en contracción por la excitación de varias raíces. Estos hechos se explican suponiendo que los distintos manojos de un músculo reciban fibras nerviosas de distintos orígenes, porque de otro modo tendríamos que admitir que cada fibra muscular recibe más de una fibra nerviosa, y semejante admisión pugna con los hechos.

Con las raíces anteriores emergen á la vez de fibras motoras para los músculos estriados, otras para los músculos lisos; sólo que, mientras los primeros van directos, los segundos atraviesan por los ganglios del simpático antes de alcanzar su destino. (Véase *Nervios vaso-motores*, pág. 386.)

Lección LXXV.

Funciones de la médula. (Conclusión.)

Sumario: Sistema centrípeto. — Conducción de las impresiones dolorosas. — Idem íd. táctiles. — Idem íd. térmicas. — Idem íd. musculares. — Funciones de las raíces posteriores. — Reflejos medulares. — Técnica.

Sistema centrípeto. — Imposible determinar con precisión los límites anatómicos del sistema centrípeto, pues sus elementos se encuentran difundidos por la substancia gris y por los cordones laterales y posteriores. Un ligero examen de la figura 110 basta para que el lector forme idea de la complicación del sistema centrípeto, y, cotejándolo con el centrífugo, deducirá la mayor extensión territorial del primero. En efecto: además de la substancia gris del territorio de las astas posteriores, corresponde á la transmisión centrípeta todo el cordón posterior (manojos de Goll y de Burdach) y gran parte de los manojos del cordón lateral (manejo cerebeloso directo, manejo de Gowers, zona marginal externa de Lissauer, y el manejo del asta posterior).

La transmisión de los impulsos centrípetos por la médula se complica por las siguientes causas: 1.^a, por las difusiones y derivaciones que experimentan durante su tránsito; 2.^a, por la diferenciación de los impulsos según las calidades de sensación que promueven; y 3.^a, por las diferentes vías que siguen al tenor de los órganos encefálicos á que van destinados.

Los impulsos sensitivos llegan á la médula por las raíces posteriores,

que son cilindros-ejes de las células monopolares de los ganglios raquídeos (figura 114); estos cilindros-ejes, al llegar á la médula, se bifurcan en *T*, produciendo una rama descendente corta y otra ascendente más larga. Del punto de bifurcación y de las ramas ascendente y descendente nacen colaterales, de las cuales las más cortas y numerosas se terminan en la substancia de Rolando, astas posteriores y región gris central, y las más

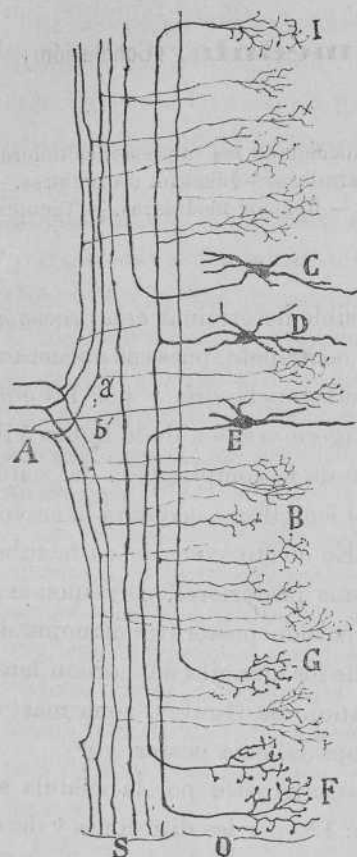


Figura 114.

Corte longitudinal semiesquemático del cordón posterior ¹.

largas (fibras reflejo-motoras) atraviesan perpendicularmente de atrás adelante, y van á relacionarse con las células de las astas anteriores; por la primera clase de colaterales las corrientes se difunden y se organizan para seguir su curso ascendente, y por las segundas se conectan los impulsos sensitivos con los núcleos motores para el servicio de los reflejos. De esta disposición resulta que las fibras de una raíz posterior se relacionan con células de diversos pisos, y que la transmisión ascendente se verifica por conductores cortos (de célula á célula en la substancia gris) ó por conductores largos (fibras de los cordones) que alcanzan hasta el bulbo. Es muy probable que por la primera clase de conductores transiten las impresiones generales y las dolorosas, que son las más difusibles y menos localizadas, y por las fibras de los cordones las táctiles y musculares, que aportan á la conciencia sensaciones más definidas.

Las fibras centrípetas de los cordones degeneran de abajo arriba, y

¹ A, raíz posterior; B, arborizaciones de las colaterales de la sustancia blanca; C, D, E, células nerviosas del asta posterior, cuyo cilindro-eje va á la sustancia blanca; O, sustancia gris; S, sustancia blanca (S. Ramón y Cajal).

se desarrollan antes las que unen los diferentes pisos de la médula que las que conectan ésta con el encéfalo.

Las investigaciones fisiológicas convienen con las observaciones clínicas en que los impulsos determinantes de sensaciones distintas se conducen en la médula por conductores diversos. Cuatro calidades de sensación corresponden á los impulsos centrípetos que corren por la médula, á saber: la sensibilidad al dolor, la táctil, la térmica y la muscular.

La Patología enseña, en efecto, que pueden perderse aisladamente estas sensaciones en las enfermedades de la médula, y, por tanto, no cabe en lo posible que sea una misma individualidad anatómica el conductor común de todas ellas, pues si así fuera todas se abolirían á la vez.

De todas las sensaciones, la más asequible á nuestros medios de exploración es la dolorosa, pues ni los animales expresan, ni nosotros sabemos interpretar otros signos que los del dolor que les ocasiona la aplicación de los excitantes. De las sensaciones táctiles y musculares juzgamos por el desconcierto de los movimientos, y de las térmicas sólo cuando ocasionan el dolor. Por esta limitación de nuestras investigaciones tienen más valor los datos suministrados por la Clínica que los deducidos en los experimentos.

Conducción de las impresiones dolorosas.—Todas las investigaciones fisiológicas están acordes en conceder á la substancia gris de las astas posteriores el principal papel en la conducción de las impresiones dolorosas, y de aquí la persistencia y la difusión de las dichas impresiones. Pero no todas ellas van por la dicha substancia gris, pues una parte circula por los cordones posteriores y los manojos de Gowers de Flechsig.

La conducción de las impresiones dolorosas es cruzada, y así,

¹ Cuéntanse entre estas fibras, las de los manojos de Goll y cerebeloso directo, y se ha observado que se cubren de mielina más tarde que las de los cordones: estas últimas unen, como hemos dicho, los diversos pisos de células y pueden considerarse comisuras longitudinales. Por análoga razón, las fibras piramidales son las últimas que se desarrollan en el sistema centrípeto.

la hemisección transversal de la médula produce en los animales anestesia en el lado opuesto é hiperestesia en el mismo lado: la hiperestesia se explica por la irritación del corte.

El hecho de conducirse los impulsos determinantes del dolor por la substancia gris, da cuenta de su difusión y de su trascendencia refleja. Al mismo tiempo explica el por qué es difícil en las vivisecciones privar á los animales de las sensaciones dolorosas, pues relacionándose las células grises por multitud de prolongaciones, aunque quede reducida la médula á un hilo de substancia gris, por este hilo se verifica la transmisión.

Conducciones de las impresiones táctiles. — Estas impresiones se conducen en su mayor parte, si no en su totalidad, por los cordones posteriores. En prueba de esta afirmación ofrecemos los siguientes hechos: 1.º, la sección ó destrucción de la substancia gris no impide la transmisión de las impresiones táctiles; 2.º, la sección de los cordones posteriores suprime la sensibilidad táctil de las regiones situadas por bajo de la lesión; y 3.º, las lesiones de los cordones posteriores, en el hombre, arrojan como síntoma la supresión del tacto, con persistencia de las sensaciones térmicas y dolorosas.

Conducción de las impresiones térmicas. — Estas impresiones, como las dolorosas, se conducen principalmente por la substancia gris, y lo prueba que la sección de los cordones posteriores no impide que los animales manifiesten dolor cuando se le excita con el agua caliente: en cambio, cuando se destruye aquella substancia, los animales se muestran indiferentes al frío, al calor y á los traumatismos de todas clases. Á juzgar por las observaciones clínicas, parece que algunas de las fibras que conducen impresiones térmicas van con los cordones posteriores.

Conducción de las impresiones musculares. — Ya hemos visto en otro lugar (página 573) que los músculos aportan

al encéfalo un conjunto de impresiones que dan lugar á lo que se llama sentido muscular; pues bien, dichas impresiones se conducen hasta el primer par lumbar por los cordones posteriores, y más arriba por el manojó cerebeloso directo. [Quiere decir que las sensaciones musculares de los miembros abdominales corresponden á los cordones posteriores, y los del tronco y miembros torácicos al manojó cerebeloso directo: nótese en la figura 112 que dicho manojó falta en la región lumbar.

El manojó cerebeloso directo va á parar al cerebelo, y las fibras que le componen toman origen en las células de la columna vesicular de Clarke. Estos hechos nos indican que las impresiones musculares se derivan en parte por la substancia gris, probablemente para la coordinación de los reflejos, y en su mayoría van al cerebelo, en donde se provechan para el concierto de las acciones complejas que se encomiendan al mesocéfalo (véase la lección siguiente).

Funciones de las raíces posteriores. — El medio más seguro de privar á un animal de las cuatro calidades de sensaciones á la vez, consiste en seccionarle ó arrancarle las raíces posteriores, pues como llevamos dicho, todas las impresiones ingresan en la médula por ellas. Después del arrancamiento de las dichas raíces, se puede herir, cauterizar ó excitar de cualquier manera á los animales, sin que por actos reflejos ó voluntarios muestren sensibilidad alguna.

La excitación de las raíces posteriores produce dolor y movimientos reflejos, tanto más violentos y generalizados los últimos, cuanto más intensa es la irritación. Si seccionamos una raíz é irritamos el cabo central, se promueven los mismos fenómenos que si aplicáramos el excitante á la raíz íntegra; en cambio, la excitación del cabo periférico no ocasiona efecto alguno ¹.

¹ Sin embargo de este resultado negativo, en las raíces posteriores se encuentran fibras centrifugas. ¿Serán estas fibras las vaso-dilatadoras denunciadas por Stricker y Morat?

Reflejos medulares. — La médula produce movimientos reflejos ordenados y concertados de tal suerte, que maravillan al experimentador que los observa por primera vez. Nosotros ya conocemos á la médula como centro reflejo para los movimientos del corazón (centros aceleradores), para los movimientos de los vasos (centros vaso-motores), para los del estómago é intestinos, para los respiratorios, para los de la vejiga y para los del iris (centro cilio-espal). Nos quedan por conocer los movimientos reflejos coordinados de los miembros y del tronco, que se observan como acciones defensivas en los animales privados de encéfalo.

Estos experimentos sólo pueden verificarse con lucidez en los animales inferiores. He aquí lo que una rana pierde y conserva después de haberla decapitado ó cuando por una sección se separa la médula del bulbo.

Conserva los movimientos que tienden á rechazar la acción del irritante ó á defenderse de él por todos los medios: así, por ejemplo, si nosotros pellizcamos con una pinza la extremidad de los dedos de un miembro, el animal lo retira; y si la excitación es muy enérgica, el animal salta y trata de huir. (Véase la página 733).

No hay que decir que el animal conserva todas sus funciones vegetativas.

Por el contrario, pierde la facultad de mantener y recobrar la actitud normal de su cuerpo; y así, se conoce que la separación entre la médula y el encéfalo es completa, cuando la rana se queda acostada sobre el dorso sin tendencia á volverse sobre el vientre. También pierde todas sus facultades instintivas y emocionales, carece de sensaciones, de apetitos, y aunque es capaz de movimientos de defensa con los cuatro miembros, ni salta con precisión, ni nada cuando se la abandona en el agua.

Si comparamos las reacciones motoras que produce una rana con igual intensidad de excitante, antes y después de la decapitación, observaremos una notable diferencia, porque las dichas

reacciones son más energéticas y generalizadas en las ranas sin encéfalo: esta diferencia se explica por la ausencia de los impulsos inhibitorios que descienden del cerebro. Parte de ellos proce-

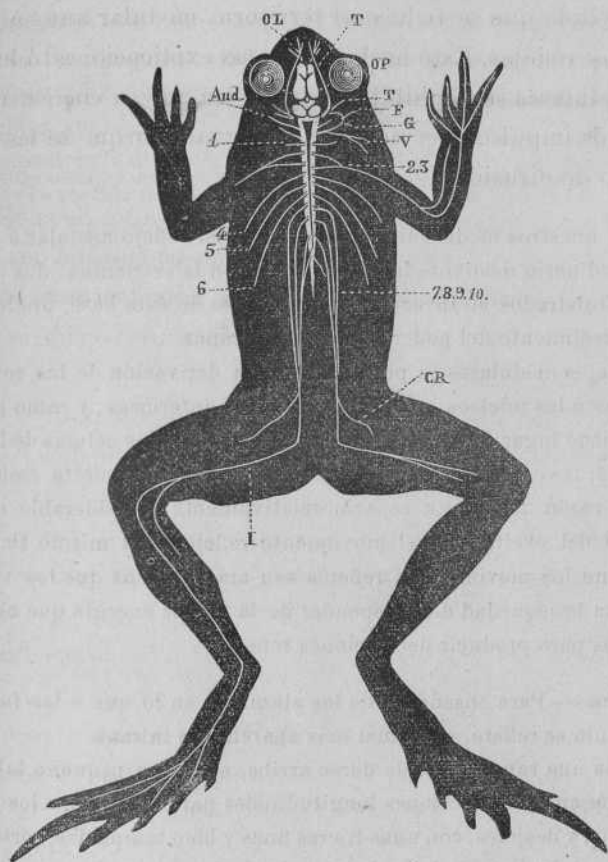


Figura 115.

Nervios de la rana¹.

¹ OL, nervios olfatorios; OP, ojos y nervios ópticos; TT, ramas del trigémino; N, nervio facial; Aud., nervio auditivo; Gn, glossofaríngeo; V, ramas del nervio vago (la posterior es el nervio auricular ó cutáneo); 1, primer par espinal; 2, 3, plexo braquial; 4, 5, 6, cuarto, quinto y sexto pares espinales; 7, 8, 9 y 10, plexo lumbo-sacro; CR, nervio crural; Ia, nervio ciático (Pérez Zúñiga).

de de los lóbulos ópticos, pues la excitación de éstos modera la reacción refleja medular.

Si destruimos la médula por secciones de arriba abajo y vamos aplicando un excitante igual después de cada sección, advertimos que á medida que se reduce el territorio medular aumentan las reacciones reflejas. Este hecho tiene dos explicaciones: ó los ganglios medulares son inhibitorios para los que se encuentran debajo, ó los impulsos nerviosos se refuerzan porque se les limita el campo de difusión.

Está en nuestros medios el aumentar el poder reflejo medular á un grado extraordinario mediante la intoxicación con la estricnina: dos miligramos, administrados en inyecciones del sulfato de esta base, producen un enorme crecimiento del poder reflejo en las ranas.

Los reflejos medulares se producen por la derivación de las corrientes centrípetas á los núcleos motores de las astas anteriores; y como esta derivación tiene lugar á través de las colaterales y de las células de la substancia gris, las corrientes nerviosas tienen que vencer cierta resistencia: por esta razón media un espacio relativamente considerable entre la aplicación del excitante y el movimiento reflejo ¹. Al mismo tiempo, se observa que los movimientos reflejos son más bruscos que los voluntarios, y esta brusquedad debe depender de la mayor energía que necesitan los nervios para producir derivaciones reflejas.

Técnica. — Para enseñanza de los alumnos, en lo que á las funciones de la médula se refiere, el animal más aparente es la rana.

Tómese una rana y fíjesela dorso arriba, sobre un pequeño tablero de corcho: háganse dos secciones longitudinales paralelas sobre los canales vertebrales, y después, con unas tijeras finas y bien templadas, córtense las láminas vertebrales de ambos lados, vértebra por vértebra, y aparece la médula con sus diez pares de nervios, y cada uno de ellos con sus dos raíces, anterior y posterior. En esta disposición pueden hacerse secciones de la médula y de las raíces, ó excitaciones de entrambas clases de órganos.

Para separar la médula del bulbo, póngase en flexión forzada la cabeza de una rana, que el operador sujeta con la mano izquierda: pasando el dedo

¹ Este espacio calcula Helmholtz que es doce veces mayor del que requiere la conducción de los impulsos por los nervios sensitivo y motor.

índice por la cerviz del animal, nótase una pequeña depresión, que corresponde á la línea transversal que une la parte posterior de los dos tímpanos; húndase por esta depresión la punta de un escalpelo de hoja estrecha, procurando que penetre por entre el occipital y la primera vértebra, y la sección queda hecha. Ya hemos dicho antes el medio de comprobar que la sección ha sido completa. *cuando se queda acostada y el dorso de animal se pone*

En esta situación puede experimentarse con los reflejos medulares, y para el caso sirve cualquier excitante (pellizcamiento, punciones, agua caliente, ácidos, etc.).

Para demostrar la diferente susceptibilidad refleja de una rana antes y después de la sección del bulbo, sirve de prueba una disolución muy diluida de ácido hidrocórico, á la cual se añade agua hasta que es tolerada por el animal íntegro: después de la sección del bulbo, la disolución antes tolerada se torna irritante y promueve acciones reflejas.

Leccción LXXVI.

Síntesis de las funciones del encéfalo.

Sumario: Funciones intermedias entre las del cerebro y las de la médula. — Efectos de la ablación del cerebro en los peces, anfibios, aves y mamíferos. — Acciones que puede realizar un animal inferior privado de cerebro. — Mecanismo de los reflejos superiores ó encefálicos: vías centrípetas.

Funciones intermedias entre las del cerebro y las de la médula. — Entre la médula espinal y el cerebro, encuéntrase una porción de ganglios y conductores, que tienen por oficio conectar las corrientes aferentes que ascienden al último, con las eferentes, que descienden á la primera, y producir movimientos coordinados.

Cuéntanse en este grupo la médula oblongada, la protuberancia, el cerebelo y sus pedúnculos, los pedúnculos del cerebro con sus ganglios y los tubérculos cuadrigéminos. Todos estos órganos tienen funciones especiales que estudiaremos sucesivamente; pero ofrecen un carácter común, contribuir al automatismo: en consecuencia, las lesiones de estas partes inducen pérdida del equilibrio del cuerpo y falta de coordinación de los movimientos.

Todos los impulsos eferentes que desde el cerebro descienden á la médula, sin más excepción que los que conducen los manojos piramidales, hacen estación en los ganglios de la protu-

berancia y del bulbo, y muchos de ellos se complimentan por los núcleos motores que producen los nervios craneales. Mas aunque los manojos piramidales siguen hacia la médula sin detenerse en los núcleos encefálicos, entran en relaciones con ellos, y en esta relación estriba su ordenamiento.

Todos los impulsos aferentes, sin excepción alguna, adquieren relaciones con los núcleos encefálicos ya citados, antes de alcanzar el cerebro, y en estas estaciones de tránsito se conciertan con los eferentes: 1.º, para producir los reflejos superiores ó movimientos automáticos; 2.º, para trabajar los impulsos sensitivos y aliviarlos de las energías que han de emplearse en las acciones reflejas; 3.º, para coordinar las acciones voluntarias.

Los tres manojos centrífugos ¹ que se contienen en la parte interna del pie de los pedúnculos cerebrales, van á terminarse en los núcleos de la protuberancia y del bulbo; y las fibras de los manojos piramidales, al atravesar por la primera, emiten numerosísimas colaterales, que se ramifican por toda la substancia gris formando un plexo tupidísimo ².

Las fibras sensitivas de los cordones posteriores de la médula se terminan en el bulbo, haciendo estación en unos núcleos, llamados de Goll y de Burdach por relacionarse con los manojos del mismo nombre, y luego transbordan al lemnisco interno para formar parte del tegumento de los pedúnculos cerebrales; pero aún hacen nuevas estaciones en los núcleos grises que encuentran en el tránsito por los dichos pedúnculos.

Las fibras del manajo cerebeloso directo, desde su origen en las células de la columna de Clarke, se extienden hasta el cerebelo.

Las fibras de los nervios acústico, trigémino, glosofaríngeo y vago hacen estación en sus núcleos ganglionares respectivos, y más tarde se relacionan con el cerebelo y tubérculos cuadrigéminos.

La mayor parte de las fibras sensitivas llegan cruzadas al bulbo, pero las directas y las de los nervios craneales se cruzan antes de alcanzar los núcleos de la base del cerebro. Sólo hacen excepción á esta regla las ópticas, que no se cruzan en el chiasma, y las olfatorias, cuyo cruce es dudoso.

¹ Manojos psíquico, geniculado y de la afasia. Véase la lección LXXVIII.

² S. Ramón y Cajal: *Ganglios del encéfalo*.—*Anales de la Sociedad de Historia Natural*, Octubre 1894.

El estudio sintético de las funciones de esta parte del encéfalo resulta tan fácil como dificultoso y enrevesado el análisis. Para lograr la síntesis, basta privar de cerebro á los anfibios, peces, aves y mamíferos inferiores, y establecer un balance entre lo que pierden y conservan los animales en estas condiciones; luego no hay más que restar lo que á la médula corresponde. De este estudio resulta la contraprueba de las funciones del cerebro.

90 **Efectos de la ablación total del cerebro.** — Para los efectos experimentales, debe entenderse por cerebro toda la parte del encéfalo que se extiende por encima y por delante de los tubérculos cuadrigéminos y el cerebelo en los mamíferos, y por delante de los lóbulos ópticos en las aves, peces y anfibios. Sólo estas tres últimas clases de animales pueden sobrevivir largo espacio después de la amputación total del cerebro. Los roedores jóvenes resisten algunas horas, y los perros recién nacidos, según mis propios experimentos, de quince á treinta minutos. Los perros adultos, los monos y el hombre sucumben inmediatamente después de la pérdida del cerebro.

He practicado muchas veces esta operación en carpas, ranas y palomas, cuatro ó cinco en conejos pequeños y dos en perros recién nacidos. Las palomas, teniendo cuidado de alimentarlas á mano, viven varias semanas.

Los efectos, como ya he dicho, son mucho más graves en los animales superiores; pero en todos se observa la permanencia de los reflejos, sin parálisis completa de ningún músculo, la facultad de mantener el equilibrio y la posición natural del cuerpo, y la de andar, volar ó nadar, según los casos.

En los conejos he observado los efectos que quedan referidos: después de operados quedan muy débiles, pero no paralíticos; todos los miembros son capaces de reacción refleja; pueden tragar y la pupila se contrae; hostigándolos, dan algunos pasos; colocándolos sobre el dorso, se vuelven sobre sus patas; mas si algún miembro resulta en posición viciosa, en ella

se queda. No he podido observar grito alguno, por más que los excité.

El perro ofrece el mismo cuadro, pero más agravado; el animal sale muy abatido de la operación y sobrevive poco tiempo.

La carpa, la rana y la paloma son los animales más aparentes para estas demostraciones. La rana apenas si se distingue antes y después de sufrir la operación: queda capaz de nadar, de saltar, de volverse sobre el vientre cuando se la coloca sobre el dorso, de evitar los obstáculos y hasta de *cantar*. Viendo las ranas en tal estado, se penetra el observador de lo poco que influye el cerebro en su vida; hasta se diría que, sin cerebro, viven con más desahogo. Un examen más minucioso revela detalles que más tarde han de dar la clave á la interpretación de los fenómenos, á la vez que pone de manifiesto algunas diferencias entre las ranas mutiladas y las íntegras. Una rana normal, cuando se la desuella, queda incapacitada para moverse el corto tiempo que sobrevive á este cruento despojo, pero salta sin novedad si sólo se la priva de piel en las ancas posteriores: desollada, pierde la facultad del equilibrio y si se la deja caer, cae como un cuerpo inerte. La *des-cerebrada*, cuando no se la hostiga, no tiene término medio: ó permanece en reposo (cuando está en tierra), ó nada sin cesar, siempre en línea recta, como un torpedo: la rana íntegra se mueve, si *le parece*, así en tierra como en el agua, se zambulle ó sale á respirar. La mutilada, cuando da de cabeza con las paredes del *acuario*, cambia de dirección; la normal, antes de llegar al obstáculo, lo evita y echa por otro lado. Puestas las dos en un baño cuya temperatura asciende poco á poco, se nota que la sana salta y se agita desesperadamente, pugnando por salvarse, hasta que el calor la mata: la privada de cerebro se mueve también, *pero parece* que muere sin sufrimiento. No he sabido distinguir *el canto expresivo* de una rana normal, del *canto mecánico sin expresión* que afirman respetables autores ¹ de la rana descerebrada; pero con los datos anteriores basta para afirmar que con el cerebro perdió el anfibio su pequeño *consensus*, su *voluntad* y su *sentir*.

La categoría zoológica de la paloma hace aún más instructivos los efectos de la privación del cerebro. Desde que queda sin cerebro parece un *autómata* ². Fija sobre sus dos patas, la cabeza baja y los ojos cerrados, se

¹ Goltz, rascando dulcemente el dorso de las ranas anencéfalas, incitó-las á emitir acompasadamente sus *Βρεκεκεκεξ, κοάξ, κοάξ*, con lo cual resultó, como dice Ferrier, un coro que hubiera hecho las delicias del propio Aristófanes (autor de la comedia *Las ranas*.)

² Uso la palabra *autómata* en el sentido vulgar de mecanismo que sólo se mueve cuando un agente exterior lo solicita.

la creería *disecada* si no fuera por que de vez en cuando se sacude ó se peina las plumas con el pico. Eso sí, cuando se la excita de cualquier modo, anda ó vuela con relativa normalidad: posada sobre un bastón, cuando éste se inclina, busca el equilibrio abriendo las alas: si se la arroja vuela, pero locamente, sin dirección y sin objeto, y de ordinario da de cabeza con las paredes; las pupilas reaccionan á la luz y hasta siguen la dirección de una bujía que, encendida, se hace pasar delante de sus ojos. Este último efecto, observado por Longet, no he podido comprobarlo, como tampoco he visto que el animal evite ó salve los obstáculos que se le oponen.

En tal situación, sin conciencia, sin sensibilidad y sin instinto, la paloma moriría de hambre y sed en la abundancia, si no se alimentase á mano. El alimento que se pone en el istmo de las fauces es deglutido como de ordinario. Yo les doy de beber introduciéndoles el pico en mi boca llena de agua.

Recapitulando los hechos que preceden, podemos concluir que un animal sin cerebro es capaz:

- 1.º *De mantener y recobrar su equilibrio.*
- 2.º *De andar, volar ó nadar, según su clase.*
- 3.º *De verificar toda suerte de movimientos coordinados.*
- 4.º *De expresar las emociones con sus gritos habituales.*

Ha perdido, por tanto:

- A. *La espontaneidad en los movimientos.*
- B. *El instinto.*
- C. *Las sensaciones.*

Un animal sin cerebro se encuentra, pues, en condiciones parecidas á las de un apoplético que ha perdido el ejercicio de la conciencia y de la voluntad, y conserva la coordinación de los movimientos reflejos: tragar, digerir, expulsar las heces, contraer la pupila, retirar un miembro, etc.; y digo condiciones parecidas, porque las funciones del cerebro humano son más absorbentes é indispensables que las del de la paloma ó el pez. Jamás un apoplético saltará como una rana sin cerebro, ni recobrá su equilibrio como una paloma con la misma lesión.

Queda, pues, sentado que la amputación del cerebro priva al alma del instrumento para el ejercicio de la conciencia, del ins-

tinto, de la voluntad, de la inteligencia y de la memoria. Á un animal sin cerebro le falta el área somato-psíquica, y con el resto del sistema nervioso, área somato-cósmica, conductores y ganglios, ha de componérselas para funcionar y vivir.

Es un error comparar un animal sin cerebro á un ascidiano. No llega siquiera á protozoario; es un organismo á punto de morir, cuyos últimos alientos explotamos en provecho de la ciencia.

El protozoario, el insecto y el ascidiano son individuos con su psique, con su finalidad, que pueden vivir y reproducirse sin ayuda ajena. ¿Puede considerarse como individuo un pez sin cerebro? Tanto valdría concederle el mismo título á una rana decapitada, á un corazón latiendo fuera del cuerpo, ó á una célula epitelial vibrátil que aislada sigue moviendo sus pestañas.

Un animal sin cerebro sólo responde á las impresiones actuales, como el *autómata* sólo se mueve cuando le tiran de la cuerda. El Cosmos, en cuanto agente de impresión, sólo tiene una acción actual sobre los mismos; pero éstos carecen de la facultad de reproducir la impresión (memoria) y de representarla (imaginación).

Dice Letamendi, con la profundidad que caracteriza todas sus análisis ¹, que el Cosmos nos impresiona doblemente; una impresión es directa, y otra refleja ó virtual, con dos formas: la conmemorativa y la imaginativa. Veo un árbol (imagen directa), lo recuerdo (virtual conmemorativa), y me lo represento (virtual imaginativa). En justa correspondencia, la reacción del individuo es doble; y así, supongamos ² un toro en la plaza con una banderilla clavada en la cruz. La irritación del cuerpo extraño provoca dos series de reacciones: una automática refleja, la contracción de las carnes, aflujo vascular, inflamación, etc., que tiende á expulsarlo; y otra directa, consciente y voluntaria, los esfuerzos que hace el toro para sacarse el rehilete. Á tener manos, se las llevaría á la cerviz y se lo arrancaría.

Resta una cuestión que no se compadece á primera vista con las conclusiones que vengo sacando: la conservación en el animal sin cerebro, de gritos que expresan emociones. Confieso de nuevo que no tengo experiencia de ellos, pero autores tan justamente respetados como Vulpián y Ferrier ³

¹ Letamendi, *Patología general*.

² Ejemplo de Letamendi.

³ Citado por Ferrier.

los han notado en los roedores. De otra parte, Courmont⁴ ha practicado numerosas amputaciones del cerebelo en las ratas, con el fin de demostrar la parte que este órgano toma en las funciones psíquicas.

El resultado más saliente de los experimentos de Courmont se revela en el hecho de que los animales privados de cerebelo, aunque conservan la sensibilidad, pierden las emociones. Las ratas se tornan apáticas á causa de la amputación del cerebelo, y no muestran simpatía ni repugnancias por cosas y hechos que las atraen ó las encolerizan de ordinario. Estos resultados parecen demostrar que no es el cerebro el exclusivo instrumento de la psique, porque función psíquica es la emotiva ó pasional.

No hay inconveniente, pues, en conceder al cerebelo una parte en las funciones psíquicas; pero esta parte ha de ser oscura, instintiva, casi mecánica, porque lo cierto es que la espontaneidad en el sentir y la conciencia se extinguen con el cerebro. Demuéstralo la Anatomía comparada de una parte, y de otra la Clínica: la primera, apuntando la supremacía del cerebro sobre el cerebelo á medida que se elevan las funciones de los animales; la segunda, enseñando cómo pueden coincidir la completa integridad de las funciones anímicas con la total desorganización patológica del cerebelo.

90 **Mecanismo de los reflejos superiores ó encefálicos.** — Á la realización de los actos complejos que caracterizan los reflejos encefálicos concurren como vías aferentes los nervios ópticos, auditivos y táctiles; como centros, la médula espinal, la oblongada, el puente de Varolio, los tubérculos cuadrigéminos y el cerebelo; y como vías centrifugas y agentes, todos los nervios motores y músculos del cuerpo. Los impulsos conducidos por los nervios sensitivos atraviesan por los ganglios infracerebrales antes de llegar á la esfera *somato-psíquica*, y en dichos ganglios se bifurcan en el estado normal: parte ascienden para determinar fenómenos sensitivos por conmoción de la conciencia, parte se derivan hacia los núcleos motores para el servicio reflejo.

Á su vez, la coordinación de los movimientos supone un plan

4 Frederic Courmont, *Le cervelet et ses fonctions*. París, 1891.

completo de líneas de menor resistencia, por donde los impulsos se derivan regular y ordenadamente para producir acciones también ordenadas. Este plan está trazado de antemano, ya por herencia, ya por educación; y en su virtud, ningún animal privado de cerebro es capaz de *inventar* un movimiento nuevo, sino de *repetir* los que ejecuta de ordinario.

El hecho más notable de estos reflejos es, sin duda, la intervención de los nervios ópticos, auditivos ¹ y táctiles cuando el animal no *ve*, ni *oye*, ni *siente*. No *ver* y seguir con los ojos los movimientos de una luz; no *oir* y estremecerse ² por un ruido que normalmente induce terror; no *sentir* y perder el equilibrio cuando se desnuda un miembro de la piel, parecen hechos paradójicos, y, sin embargo, son fáciles de explicar.

Muchos alumnos míos han visto perros, completamente ciegos por doble lesión de los lóbulos occipitales del cerebro, que conservaban, no obstante, la reacción pupilar. Los médicos recuerdan en su práctica historias clínicas de atáxicos que han sufrido graves trastornos en la coordinación de sus movimientos, sin que su sensibilidad táctil se resintiese; y al contrario, anestésicos por lesión cerebral que han coordinado felizmente sus movimientos con y sin auxilio de la vista.

Y es que, como repetidamente dejo expuesto, los impulsos aferentes se derivan, tornándose reflejos, en cualquier punto del trayecto que corren hasta llegar al cerebro.

Resumiendo: de los aparatos *somato-cósmicos* parten impulsos que se reflejan en los núcleos infracerebrales y engendran los reflejos encefálicos que Ferrier denomina *estheso-kinéticos*, bien entendido que el primer miembro del dictado no significa *sensación* en el recto sentido de *yo siento*.

¹ Ya hemos visto en otra lección la influencia de las impresiones laberínticas en la coordinación de los movimientos. (Véase *Sentido del espacio*, pág. 617.)

² Las ratas y los topos privados de cerebro se estremecen, al decir de los autores, cuando se imita el maullido de un gato encolerizado.

Leccción LXXVII.

Análisis de las funciones del encéfalo.

Sumario: Síntesis de las funciones de la médula oblongada. — Idem de las funciones de la protuberancia. — Funciones de los tubérculos cuadrigéminos. — Efectos de su excitación. — Idem de su destrucción. — Técnica. — Recapitulación.

Resumen de las funciones de la médula oblongada. — Por su situación capital respecto á la médula espinal y por los numerosos núcleos ganglionares que contiene, es el bulbo un punto obligado para el tránsito de los impulsos nerviosos y un centro en donde se conciertan las más vitales acciones. Tres caracteres distinguen las funciones del bulbo: 1.º, su influencia en la circulación, respiración y secreciones; 2.º, producir reflejos concertados; 3.º, ocasionar convulsiones tetánicas cuando se le excita.

La trascendencia de las funciones del bulbo es causa de que su estudio lo hayamos repartido en casi todos los capítulos de este libro, pues rara es la función en que este órgano no interviene.

El bulbo es un centro coordinador para los movimientos voluntarios y para los de la fonación, gobierna al corazón y á los vasos, preside al concierto respiratorio, es un centro reflejo para la masticación, deglución, vómito y parpadeo, influye en las secreciones salival, urinaria y glucogénica, y por los nervios facial y trigémino toma parte en la acomodación y defensa de los sentidos de la vista, oído, olfato y gusto.

Parece increíble que en tan corto territorio anatómico puedan realizarse

tantas operaciones; pero aún crece la admiración cuando se estudia la complicadísima trama de este órgano. La ordenación de la substancia gris y blanca de la médula, compleja de suyo, se trastorna completamente en el bulbo, y ha sido preciso el ingenio de los anatómicos y el empleo de los mejores métodos de análisis para reconstruir la textura de esta parte, sobre el plan medular. En el bulbo se separan las fibras de la médula que van al cerebelo; terminan las de los manojos de Goll y de Burdach para ser sustituidas por otras ascendentes que nacen en los núcleos en donde aquéllas terminan; se cruzan parte de las pirámides y muchas fibras sensitivas; y, en fin, se conectan los diversos núcleos de los nervios bulbares entre sí, y con las fibras de tránsito.

Se admite por los autores un centro convulsivo situado en la mitad superior del cuarto ventrículo (Nothnagel), y por mi parte he observado que la excitación eléctrica del seno romboidal en la rana ¹ produce convulsiones. También debemos recordar las convulsiones de la asfixia y de la anemia; mas con todo ello, es dudoso que se encuentre en la médula oblongada un centro que tenga por oficio normal el producir convulsiones (Ferrier).

Fano supone en el bulbo un centro para la locomoción vecino del respiratorio. Según los experimentos de este autor, después de la extirpación del cerebro, los animales marchan continuamente ó guardando períodos que alternan con series de movimientos respiratorios. En las ranas tengo experimentado que la sección de la médula oblongada inmediatamente por detrás del cerebelo ² suspende todos los movimientos ordenados de la locomoción; pero si se las excita, saltan mejor que cuando sólo poseen la médula espinal.

Resumen de las funciones de la protuberancia.—De la protuberancia puede decirse que no tiene carácter propio, pues sus funciones son análogas á las del bulbo y se contienen

¹ El seno romboidal corresponde en la rana al suelo del cuarto ventrículo de los mamíferos.

² El cerebelo está reducido en estos animales á una lámina transversal que limita por delante el seno romboidal.

en el plan sintético referido en la lección anterior. Lo único que cabe afirmar es que la protuberancia posee en alto grado el papel coordinador de los movimientos, y que, dadas sus íntimas relaciones con el cerebelo, con el cerebro y con el bulbo, debe ser un centro de conjunción y acomodación de los impulsos centrípetos y centrífugos.

La excitación de la protuberancia produce convulsiones que, al decir de los autores, se distinguen de las del bulbo en ser clónicas. Las lesiones de la protuberancia, especialmente cuando comprenden las fibras de los pedúnculos cerebelosos medios, ocasionan trastornos del equilibrio, que consisten en movimientos de rotación de los animales; esta rotación se verifica alrededor del eje del cuerpo y hacia el lado destruido (Longet).

Según Cajal ¹, la protuberancia da origen á la mayor parte de las fibras que constituyen los pedúnculos cerebelosos medios, las cuales se terminan en las laminillas cerebelosas, probablemente bajo la forma de fibras trepadoras. Recíprocamente, muchas fibras de Purkinje, de origen cerebeloso, se terminan en la protuberancia, y de esta suerte es doble la comunicación entre los dos órganos. Gracias á ella, las corrientes voluntarias que llegan desde el cerebro á la protuberancia pueden coordinarse por el cerebelo.

Duval y Laborde ² han deducido de sus experimentos, la existencia en el puente de Varolio de un doble centro (uno á cada lado de la línea media) para los movimientos de los ojos en la visión binocular. La excitación de un centro produce desviación conjugada de los ojos hacia el mismo lado, y la destrucción, la misma desviación hacia el opuesto. Estos centros corresponden á los orígenes del motor ocular externo, y no sólo se asocian entre sí por fibras comisurales, sino también con los núcleos del motor ocular común y patético del lado opuesto. Cajal ha demostrado las conexiones del primer nervio con los últimos, por las fibras del fascículo longitudinal posterior ³.

Funciones de los tubérculos cuadrigéminos.—Pocos

1 S. R. y Cajal: *Anales de la Soc. de Hist. Natural*, Octubre de 1894.

2 Citado en la obra de Beaunis, tomo II, pág. 719.

3 Cajal: *Anales de la Soc. de Hist. Nat.*, Septiembre del 95.

hechos conocemos de sus funciones en el hombre, y en cuanto á los resultados de la experimentación, las conclusiones son discutibles, porque como los animales no hablan, cada cual interpreta como le parece los síntomas que se suceden á las excitaciones ó lesiones de estos núcleos nerviosos.

Dadas las relaciones de los tubérculos con las fibras y núcleo rojo de la calota y con los nervios acústico y óptico, puede sospecharse que son estaciones intermedias entre los conductores y los centros, para la coordinación de los movimientos. Probablemente en los tubérculos se conectan los impulsos laberínticos y los ópticos para el mantenimiento del equilibrio: recuérdese que á cada posición del cuerpo corresponde una determinada impresión laberíntica, y movimientos congruentes de los ojos y de la cabeza.

Los tubérculos son cuatro pequeñas eminencias ó núcleos nerviosos situados como á caballo sobre los pedúnculos cerebrales, á nivel del entrecruzamiento de los cerebelosos superiores: dos hay delante, y se llaman *nates*; y dos detrás, que reciben el nombre de *testes*.

La Anatomía macroscópica descubre en los tubérculos una capa superficial de substancia blanca ó fibrilar, y una médula ó contenido de substancia gris. La Histología, servida por manos tan hábiles como Tartuferi, Schwalbe y los dos hermanos Ramón y Cajal, ha revelado mil primores de estructura; mas á pesar de tantos y tan buenos trabajos, aún faltan por demostrar muchas conexiones de los elementos nerviosos de los tubérculos con las demás partes del encéfalo.

Los tubérculos cuadrigéminos anteriores, reciben fibras de las cintas ópticas, que llegan del cuerpo geniculado externo y ocupan la capa superficial y el *tractus* fibrilar profundo.

Las relaciones de los tubérculos posteriores no son tan claras. Quién, los relaciona con las fibras del centro oval de la región occipital (Meynert); quiénes, con los nervios auditivos (Edinger, Spitzka); quién, con los cuerpos geniculados internos (Gudden). Los tubérculos se relacionan con el núcleo rojo de la calota, y por fibras de ésta con la protuberancia (Cajal).

Los tubérculos *nates* están en relación directa con el aparato óptico, y probablemente son el punto en donde los impul-

sos visuales se distribuyen en parte que asciende á los centros occipitales, y parte que se encamina hacia la médula y el simpático. Prueba de la participación directa que toman los tubérculos anteriores en la función visual, es que la ceguera produce atrofia de los mismos; y dato que indica la derivación de los impulsos retinianos, es que la excitación de los repetidos tubérculos produce dilatación de la pupila y movimientos del globo del ojo. Ahora bien: el ganglio cervical superior del gran simpático es el foco para la inervación dilatadora de la pupila, como lo muestran los efectos de su excitación; luego no hay duda que la corriente centripeta va por la médula á influir en el ganglio.

Lo que no resulta sancionado por los hechos es la opinión de que en los tubérculos se engendren los impulsos de acomodación, de contracción de la pupila y de los movimientos del globo ocular; porque ni los núcleos motores de los nervios, motor ocular común, externo, patético y facial se relacionan directamente con ellos, ni su excitación produce movimientos coordinados; pero esto no se opone á que sirvan de tránsito á los impulsos que van á reflejarse en los referidos núcleos.

Efectos de la excitación. — La excitación de los tubérculos ó de los lóbulos ópticos que los representan en las aves, anfibios y peces, producen tres efectos evidentes, según he tenido ocasión de observar en multitud de experimentos en perros, conejos, palomas, ranas y carpas: 1.º Dolor que manifiestan los animales con sus gritos é inquietud. 2.º Torsión de la cabeza y del cuerpo hacia el lado excitado. 3.º Dilatación de la pupila en el ojo opuesto al lóbulo que se excita.

Cuando se hiere superficialmente el tubérculo teste ó lóbulo óptico de un lado, los efectos son los mismos de la excitación, porque la lesión se torna irritativa: los músculos del lado excitado se contraen violentamente y tiran del cuerpo, haciéndole girar en el mismo sentido. La cabeza se pone en extensión forzada por la contracción de los músculos cervicales, y se inclina al lado excitado; en los conejos y perros, la oreja correspondiente

se levanta, y si la excitación es muy intensa todos los músculos del cuerpo se contraen.

Atravesando el cráneo de un conejo con un punzón de acero, se conoce en el acto que los tubérculos han sido tocados, porque el animal chilla y empieza á rodar alrededor del eje de su cuerpo. Cuando se agota con los esfuerzos, se quedan acostados sobre el lado herido; y si se les echa del opuesto, rápidamente, como movidos por un resorte, recobran la actitud forzada que tenían.

La dilatación de la pupila en el ojo opuesto al lado excitado es un fenómeno constante, pero no el único que se observa con relación al aparato ocular. Ordinariamente, la pupila se extravía y cada ojo mira en una dirección (como cuando se excita el cerebelo), y á veces se nota un balanceo de los globos oculares que se mueven á compás como la péndola de un reloj. ¡Coincidencia singular! Este balanceo de los ojos se observa en los conejos cuando se les destruye el oído interno.

Las ranas también chillan cuando se les hiere un lóbulo óptico, y en el acto toman una postura extraña; tiran la cabeza atrás y al lado herido, é inclinan el cuerpo en la misma dirección: la pupila opuesta se dilata. Si se las arroja en el agua, nadan inclinándose al lado de la lesión.

En los peces obsérvanse fenómenos análogos, sólo más aparentes por la gran movilidad que gozan. No hace mucho que he experimentado en las carpas: en cuanto se hiere ligeramente uno de los lóbulos ópticos en estos animales, emprenden un movimiento de pista hacia el lado herido; dan vueltas sobre el eje de su cuerpo, también sobre el lado de la lesión; la aleta dorsal se inclina al lado sano, y la pectoral correspondiente se mueve más que la congénere; el cuerpo se encorva, y la concavidad es del mismo lado de la lesión; cuando se cansan quedan sobre el lado herido, y si se les vuelve del sano recobran inmediatamente posición primera. La pupila del ojo opuesto á la lesión aparece dilatada.

Suelen ser tan violentos los movimientos en los peces con lesión óptica, que cualquiera al verlos diría que nadan locos por el dolor; sin estar ciegos (lesión unilateral), chocan unos con otros, y á veces saltan del agua. Se les ve tranquilos, y de pronto, sin causa aparente, sufren convulsiones y se mueven vertiginosamente. Me ha parecido observar, aunque de ello no puedo obtener conclusiones ciertas, que cuando la lesión se produce en la parte anterior de los lóbulos, las carpas sufren movimientos infundibuliformes, en los cuales la cabeza sirve de punto fijo.

Efectos de la destrucción. — Lo primero que llama la

atención del experimentador cuando destruye los tubérculos ó los lóbulos ópticos, es que la coordinación de los movimientos y el equilibrio del cuerpo se pierden, sin parálisis de músculo alguno. Este hecho excluye la idea de ver centros motores en estos ganglios.

La destrucción de los tubérculos produce ceguera é incoordinación de los movimientos. Esta incoordinación no es absoluta, porque, aunque no son dueños por completo de sus movimientos, los animales andan, vuelan ó nadan; tampoco es paralítica, porque todos los músculos conservan su aptitud contráctil; es más bien espasmódica, y me la explico por contracturas de varios grupos musculares que se substraen al concierto motor é impiden el juego normal de sus congéneres. No hay sino observar las posturas extrañas que adoptan los animales después de sufrir lesión en los tubérculos, para convencerse que esta incoordinación es distinta de la que se ofrece en las lesiones del cerebelo.

Técnica. — En las ranas son fáciles las lesiones de los lóbulos ópticos; para ello, basta levantar la bóveda del cráneo y aparecen dichos órganos bajo la forma de dos pequeñas masas ligeramente oblongas y de un color grisáceo á manchas, que contrasta con el blanco mate de los lóbulos cerebrales que se encuentran por delante; pero ni siquiera hay que hacer operación previa para dar con ellos, pues se les hiere atravesando el cráneo con una aguja. Trácese una línea transversal que pase por el centro de los dos tímpanos, y en su conjunción con la línea media antero-posterior se encuentran los lóbulos, uno á cada lado de dicha línea media. El grito del animal da la señal del acierto.

En los peces, la operación resulta tan fácil como en las ranas, pues también los lóbulos ópticos son voluminosos y se destacan perfectamente en cuanto se levanta la bóveda del cráneo.

En las aves, los lóbulos ópticos son muy voluminosos y se encuentran por debajo y detrás de los del cerebro, entre éstos y el cerebelo; son casi esféricos, blancos y lisos. Se les ataca hundiendo un punzón inmediatamente por encima y un poco por delante del conducto auditivo. Lo mejor, á falta de puntos precisos de referencia, es lesionarlos al descubierto levantando previamente la bóveda del cráneo.

En los conejos tampoco hay puntos precisos para el ataque, y hay que comenzar por trepanar en la región postero-superior del cráneo; á poco que se levantan los hemisferios cerebrales, se perciben los cuatro tubérculos separados por un doble surco en forma de cruz.



Figura 116.

Perro lesionado en el tubérculo nate del lado derecho. (De fotografía sacada del animal 72 horas después de la operación).

En los perros, la situación de los tubérculos hace más difícil la manobra. La primera vez que la hice fué en Cádiz, y el éxito dependió de la cooperación de mi fraternal compañero Miguel Solano. Vale la pena de insertar la historia de este experimento ¹. He aquí el procedimiento que se siguió:

Puesto al descubierto el lóbulo occipital de un lado, se introdujo entre él y la tienda del cerebelo una sonda acanalada con punta, y con ella se la atravesó.

A esta sazón se substituyó la sonda aguda por otra roma, y, deslizándola por la abertura practicada en la tienda, se la dirigió entre ésta y la cara superior del cerebelo, en busca de la escotadura anterior del mismo; en este

¹ La publiqué en la *Fisiología del cerebro*.

instante la sonda, apoyada en los pedúnculos cerebelosos superiores, es guiada por la dirección de éstos á los tubérculos cuadrigéminos. Luego, un aprendizaje no muy costoso da aptitud al operador para herir los testes ó los nates, según desee. De la eficacia de este procedimiento responde la figura 117, que representa el encéfalo del perro citado, con la lesión del tubérculo nate del lado derecho.

Repuesto este animal de la operación, se notaron, sin poder precisarlas, graves alteraciones visuales: los ojos, y particularmente el derecho, afectados de estrabismo, debilidad en los cuartos traseros y rigidez en los músculos del dorso. Pero lo más notable en este perro era la actitud en que lo muestra la figura: sentado sobre las patas traseras, el cuello extendido, el hocico en alto y los ojos entornados, se pasaba horas y horas, hasta que el cansancio le obligaba á echarse. Por lo demás, se alimentaba regularmente y no sufría de parálisis motora ni de anestesia. Al tercer día se dió por terminada la observación, y después de fotografiar el animal, le dió muerte con el cloroformo para extraerle el encéfalo: de éste tomó el alumno Sr. Elejalde y Bosch la figura 117. Las lesiones aparecieron en el lóbulo occipital izquierdo, sin duda porque se le injurió

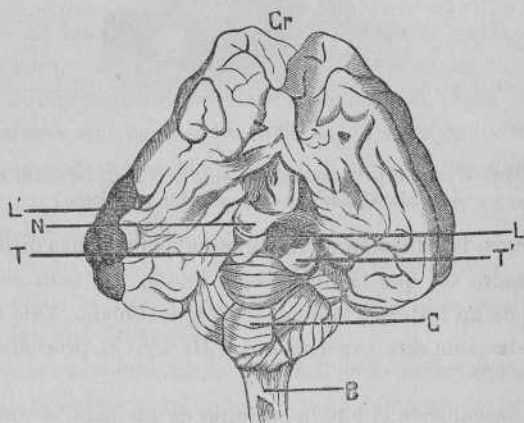


Figura 117.

Encéfalo del perro que va representado en la figura anterior ¹.

1 Cr, cerebro; C, cerebelo; B, bulbo; N, tubérculo nate del lado izquierdo; T, tubérculo teste del mismo lado; T', tubérculo teste del lado derecho; L, lesión del tubérculo nate del lado derecho; L', lesión del lóbulo occipital izquierdo.

en la maniobra, y en el tubérculo nate del lado derecho, que estaba totalmente destruido; el cerebelo y los pedúnculos cerebrales resultaron intactos.

Dada la lesión del lóbulo occipital, casi necesaria para abrirse camino á los tubérculos, es muy difícil precisar el mecanismo de las alteraciones visuales; por eso no me cuidé de puntualizarlas en la historia que acabo de referir.

Recapitulación. — El trastorno de los movimientos que se sigue á las excitaciones ó lesiones de los tubérculos cuadrigéminos, lo supone Ferrier efecto reflejo, ó sea la expresión motora del dolor que el traumatismo ocasiona; los gritos, merecen igual explicación. Es verdad que algunos fisiólogos sitúan en los tubérculos el centro para los gritos emocionales, Goltz en la protuberancia, y otros en los tálamos ópticos.

La excitación de los tubérculos produce también elevación de la presión de la sangre y movimientos en el estómago é intestinos ¹. Ferrier dice con razón que estos efectos son reflejos, como los anteriores.

Triste es confesarlo; de las funciones de los tubérculos cuadrigéminos estamos tan ayunos como de todo lo que hace relación al aparato de la sensibilidad. En este punto no hemos hecho más que destejer lo que tejió Bell, juzgando construir de un solo golpe la conducción centripeta, como de una sola intuición había adivinado el aparato centrifugo. Se avecina, pues, la época en que los secretos de la elaboración sensitiva dejen de serlo, y hay que aprestarse á trabajar con fe.

¹ No he podido comprobarlos en mis experimentos, pero sí he notado, á veces, la suspensión de los movimientos respiratorios.

Leccción LXXVIII.

Funciones del cerebelo.

Sumario: Funciones del cerebelo. — Influencia del cerebelo en la coordinación de los movimientos. — Conclusiones de Flourens. — Fenómenos que se observan en los animales después de la extirpación del cerebelo. — Síntomas de la pérdida del cerebelo en el hombre. — Efectos de las lesiones parciales del cerebelo en los animales. — Síntomas de las lesiones del cerebelo en el hombre. — Efectos de la excitación del cerebelo en los animales. — Hipótesis sobre las funciones coordinadoras del cerebelo. — Conclusiones. — Funciones psíquicas del cerebelo: opiniones diversas: juicio crítico.

Funciones del cerebelo. — Desde luego es un hecho que la extirpación total del cerebelo en los animales, y su falta congénita ó sus lesiones en el hombre, no dan lugar á parálisis motora ni sensitiva alguna; hecho tanto más notable, cuanto que la Anatomía ha demostrado las relaciones del cerebelo con las tres principales vías sensoriales: la táctil y muscular (cordones posteriores y manojó cerebeloso directo), la acústica y la óptica. Es asimismo cierto que, los hechos clínicos de lesiones totales del cerebelo ó de su falta congénita en el hombre, se han dado siempre en individuos de mediocre ó inferior inteligencia (por lo general imbéciles), y siempre han ido acompañadas de trastornos en los movimientos, debilidad, envaramiento, temblor, tendencia á caer, etc. En fin, la experimentación en los animales demuestra de un modo concluyente que, siempre que se extirpa el cerebelo, se siguen por un tiempo indefinido trastornos graves en los movimientos.

De todo lo cual podemos deducir la siguiente conclusión: el cerebelo influye de un modo evidente en la coordinación y adaptación de los movimientos, y probablemente toma parte en las funciones psíquicas.

El cerebelo es un órgano nervioso situado por detrás y por bajo del cerebro sobre las fosas occipitales: se halla unido al cerebro directamente por los pedúnculos cerebelosos superiores, é indirectamente por la protuberancia; á esta última, por los pedúnculos medios; al bulbo, por los pedúnculos inferiores y por las fibras auditivas; y á la médula espinal, por el manojó cerebeloso directo, y tal vez por la prolongación de los pedúnculos inferiores (cuerpos restiformes) con los cordones posteriores (manojó post-piramidal). Por estas múltiples relaciones parecería el cerebelo un nudo comisural que uniera las diversas partes del eje, si no poseyera inervación propia por su substancia gris.

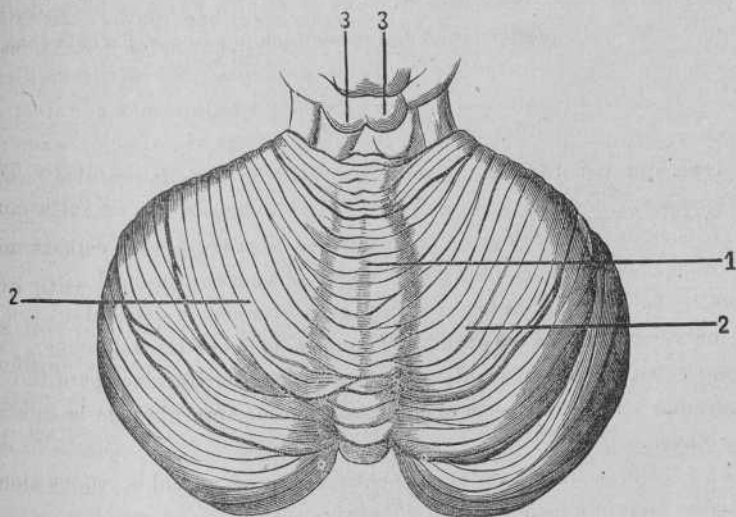


Figura 118.

El cerebelo humano visto por su cara superior ¹.

Por su estructura el cerebelo recuerda al cerebro, hasta el extremo que justifica su nombre de *cerebrillo* ó *cerebro pequeño*. En efecto, su superficie

¹ 1, lóbulo central del cerebelo, vermis superior; 2, hemisferios cerebelosos ó lóbulos laterales; 3, tubérculos cuadrigeminos.

está plegada en circunvoluciones, llamadas laminillas, y éstas se encuentran tapizadas de una capa cortical de substancia gris de tres milímetros próximamente de espesor. Además de la substancia gris cortical posee el cerebelo varios núcleos grises en su interior; entre éstos merecen citarse en primer término los cuerpos ó núcleos dentados, que recuerdan por su estructura á las olivas de la médula oblongada, los núcleos del techo y los que se denominan emboliformes y globulosos.

La substancia blanca, aquí como en el cerebro, es central y se irradia como un abanico hacia la gris de las laminillas, constituyendo lo que se llama *árbol de la vida*: de esta substancia blanca emergen los seis pedúnculos del cerebelo, tres á cada lado.

La estructura del cerebelo la conocemos exactamente, gracias á los trabajos de Cajal. De ella, lo más interesante es la composición de la substancia cortical: dos capas la componen; una externa ó *molecular*, y otra interna ó *granulosa*. La molecular recuerda á la capa más superficial de la corteza del cerebro: como ella es pobre en células y rica en fibras de trayecto horizontal, que terminan por arborizaciones libres. En esta zona se encuentran también células estrelladas pequeñas, cuyos cilindros-ejes corren transversalmente por un largo trayecto y se terminan por arborizaciones alrededor de las células de Purkinje: dichas arborizaciones son tan espesas, que constituyen un verdadero estuche para las células (cestos terminales).

Los elementos histológicos más notables de la corteza del cerebelo son, sin duda alguna, las células de Purkinje: se encuentran en el límite de la zona molecular y granulosa, son de gran volumen y recuerdan, por su forma y conexiones á las grandes pirámides de la corteza del cerebro, pues como éstas, producen riquísimo penacho de arborizaciones para la zona molecular y un cilindro-eje que se continúa con una fibra de la substancia blanca.

En la zona de los granos se encuentran unos corpúsculos pequeñísimos, escasos de protoplasma y muy densos: poseen estos granos tres ó cuatro prolongaciones protoplasmáticas que acaban por arborizaciones entre los granos vecinos, y un cilindro-eje que se termina en la capa molecular después de recorrer un trayecto en dirección paralela á la laminilla cerebelloso, ó sea en sentido perpendicular al ramaje de las células de Purkinje. Además de los granos, se encuentran en la zona de este nombre unas células grandes, estrelladas y no muy numerosas, cuyo ramaje protoplasmático diverge en todas direcciones, invadiendo á veces una gran parte de la

zona molecular; los cilindros-ejes de dichas células son flexuosos y se ramifican entre los granos. Según trabajos recientes de Cajal, varios de estos cilindros-ejes penetran en la sustancia blanca, y probablemente salen del cerebelo con alguno de los pedúnculos.

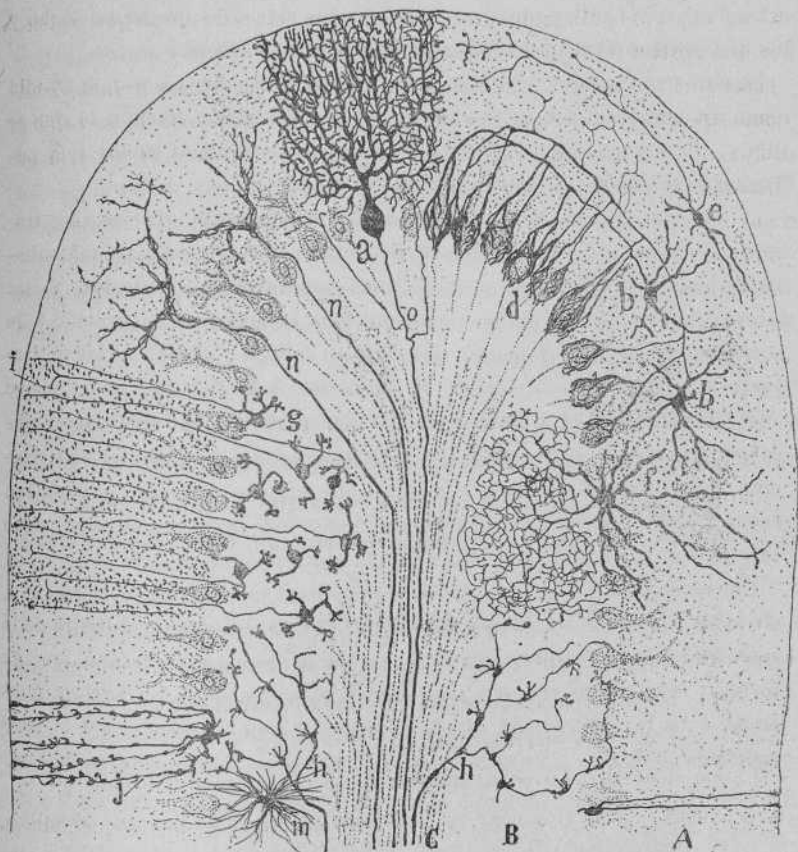


Figura 119.

Corte transversal semiesquemático de una circunvolución cerebelosa de mamífero ¹.

1 A, zona molecular; B, zona de los granos; C, zona de sustancia blanca; a, célula de Purkinje vista de plano; b, células estrelladas pequeñas de la zona molecular; d, arborizaciones finales descendentes que rodean las células de Purkinje; e, células estrelladas superficiales; g, granos con sus cilindros-ejes ascendentes bifurcados en i; h, fibras musgosas; j, célula neuróglia en penacho; n, fibras trepadoras; m, célula neuróglia de la zona de los granos; f, células estrelladas grandes de la zona de los granos.

Hasta aquí la estructura del cerebelo revela un conjunto de células estrechamente relacionadas entre sí, y produciendo alguna de ellas, fibras nerviosas que probablemente van con los pedúnculos al cerebro, á la protuberancia y al bulbo; pero falta examinar cómo y dónde terminan las fibras que la médula y los otros órganos ya referidos prestan al cerebelo. En este aspecto la Histología muestra sólo dos clases de fibras que ascienden á la corteza: las llamadas *musgosas*, porque á trechos ofrecen excrecencias como el musgo, y se terminan conectándose con los granos; y las *trepadoras*, que trepan como las lianas por las gruesas ramas de las células de Purkinje y se terminan en relación con éstas, mediante arborizaciones varicosas y plexiformes. Por desgracia, la Histología sólo da á conocer las conexiones de estas fibras, pero sus orígenes permanecen en el misterio.

Poco sabemos de la substancia gris de los núcleos centrales del cerebelo; probablemente sólo producen fibras para los pedúnculos superiores; pero para las demás fibras, son estaciones de tránsito, algo así como los núcleos rojos de los pedúnculos cerebrales.

Influencia del cerebelo en la coordinación de los movimientos. — Los hechos son tan precisos como varias las interpretaciones. Hace ya muchos años que Flourens estableció sus célebres conclusiones sobre la destrucción del cerebelo. Helas aquí:

1.^a La ablación de las capas superficiales del cerebelo produce ligera debilidad é incertidumbre en los movimientos.

2.^a La ablación de las capas medias ocasiona agitación en los movimientos, sin convulsiones.

3.^a La destrucción total del cerebelo incapacita á los animales para andar, volar ó nadar, y sus movimientos se hacen desconcertados, hasta el punto de que, presas de una agitación espantosa, los operados no pueden intentar la menor acción.

Todos los fisiólogos han repetido estos experimentos con igual éxito. Yo las he practicado muchas veces en las palomas, que fueron las principales víctimas en las investigaciones de Flourens, y en los conejos y perros. El cuadro que presentan las palomas operadas de ablación total del cerebelo no lo olvidarán nunca los alumnos que lo han presenciado; es realmente espantoso. El animal, con los ojos extraviados, la cabeza torcida, el

occipucio abajo y el pico en alto, las alas abiertas y apoyadas en el suelo, sufre violentos ataques de loca convulsión cuando se la hostiga para que se mueva; entonces gira como presa de un vértigo, ya á la derecha, ya á la izquierda; tan pronto se cae hacia delante como voltea hacia atrás, y á todo esto la cabeza da terribles balances y se tuerce en las más extrañas contorsiones.

Cuando la lesión del cerebelo es superficial, la incoordinación de los movimientos, aunque notable, no es completa. El animal parece ebrio, se balancea, tiembla y anda con pasos inciertos, pero aún conserva su actitud normal y guarda medianamente el equilibrio. Si la lesión es muy superficial, v. gr. una punción, los síntomas son fugaces y el animal se restablece: esto, al menos, tengo observado en los perros.

Los conejos y los perros sufren también extravío en sus movimientos, se caen como ebrios en cualquiera dirección, padecen de temblor y de debilidad en los miembros; pero el cuadro no es tan terrible como en la operación de la paloma, porque los mamíferos, y singularmente el perro, teniendo experiencia de su situación, rehuyen los movimientos aunque se les excite. No he podido conservar vivos muchos días á los conejos y perros á quienes amputé el cerebelo; pero Luciani ¹ lo ha logrado con dos perras, las cuales se restablecieron de los traumatismos y vivieron uno y dos años respectivamente. Estos animales padecieron durante el resto de su vida la ataxia característica que se sigue á la privación del cerebelo: sus miembros se movían inseguros y temblorosos, perdieron la esbeltez y la gallardía de su marcha, se caían á cada paso, etc., etc. Pero ¡fenómenos notables! estas perras nadaban perfectamente, sin más que una ligera inclinación del cuerpo, y una de ellas, la que vivió dos años, sintió el celo y fué cubierta cuatro meses después de la extirpación del cerebelo, parió perfectamente y con toda normalidad cumplió sus deberes maternos. Murió sacrificada por el cloroformo.

Estos hechos experimentales demuestran por modo concluyente que los animales pueden sobrevivir por tiempo indefinido á la ablación ó pérdida del cerebelo, pero padeciendo siempre la ataxia locomotriz. Las funciones del cerebelo, pues, no son indispensables á la vida, mas son insustituibles por ningún otro órgano nervioso.

¹ Luciani: *Linee generali della Fisiologia del cervelletto*. Florencia, 1884.

Sintomas de la pérdida del cerebelo en el hombre.—

En el hombre, el trastorno motor es análogo, aunque no tan graduado como en los animales, y, como éstos, puede vivir mucho tiempo sin cerebelo.

He aquí dos historias célebres en la ciencia: la una, referida por Com-bette, se refiere á una muchacha, Alejandrina Labrosse, que falleció á los 11 años de edad y en cuya auptosia se encontró, en vez de cerebelo, un quiste seroso ¹. Esta niña estaba bastante desarrollada para su edad, pero fué tardía para andar; no lo logró hasta los cinco años, y siempre fué insegura en su marcha, débil de piernas y caediza. Su inteligencia era muy inferior, su palabra mal articulada y poco distinta, pero sus aptitudes sensoriales se conservaron íntegras.

La segunda historia fué comunicada á Ferrier por los doctores Shuttlenworth y Taylor, y hace relación á una muchacha que falleció tísica á los 15 años de edad.

Esta enferma, como la anterior, era flaca de inteligencia, difícil de palabra, y padecía de debilidad, temblor é inseguridad en sus movimientos; los síntomas motores fueron atribuidos en los últimos meses de su vida, en que fué observada, á la tisis que á la sazón minaba su existencia; pero luego en la autopsia se encontró el cerebelo atrofiado y reblandecido, casi convertido en papilla.

Efectos de las lesiones parciales en los animales.—

Los efectos de la extirpación parcial del cerebelo en los animales se hacen sentir también sobre los movimientos, pero son muy variables, según la región destruída. En general, consisten en volteo hacia adelante ó hacia atrás, según que se destruya la parte anterior ó posterior del lóbulo medio, y en giros hacia el lado de la lesión, cuando se cauteriza ó destruye cualquiera de los lóbulos laterales ó hemisferios cerebelosos.

Aunque parezca inmodesto, voy á empezar por referirme á mis experimentos, porque siempre se habla mejor de aquello que uno ha practicado y los alumnos han visto. Atravesando con un punzón de acero el cráneo

1 Su encéfalo figura en la colección de Cruveilhier.

de las palomas y de los conejos, y trepanando á los perros, puede llegarse, después de algunos ensayos y tanteos, á herir la región del cerebelo que convenga al fin del experimento. En los resultados no tengo duda alguna: siempre que he herido la parte anterior del cerebelo, el animal se cae hacia adelante y voltea en este sentido cuando se le apremia á andar: hiriendo la parte posterior, el volteo es hacia atrás y el animal parece que rueda alrededor de un eje perpendicular al de su cuerpo.

La lesión de los lóbulos laterales en el conejo y en el perro, ó de las partes laterales del único lóbulo de las aves, hace girar los operados hacia el lado de la lesión, y, por tanto, alrededor del eje del cuerpo. Los conejos y los perros se revuelcan hacia el lado enfermo; pero son mucho más aparentes los giros en las aves. Las palomas, después de operadas, las suelto á volar por el jardín, y se remontan, describiendo giros espirales hacia el lado destruido como si fueran cohetes espirales. Al cabo, rendidas por la fatiga y turbadas por el vértigo, dan consigo en el suelo. En estas operaciones hay siempre estrabismo divergente.

Afirman respetables autores, Ferrier entre ellos, que cuando se hacen dos lesiones perfectamente simétricas ó se divide el cerebelo en dos partes iguales por un corte medio, no hay lugar á trastorno motor. Yo no he sido afortunado hasta ahora para conseguirlo.

Schiff, Hitzig y otros, operando en los mamíferos, han notado que la lesión de las regiones media y posterior les produce un espasmo tónico que les obliga á dirigir la cabeza hacia atrás, y, si emprenden la marcha, voltean también en la misma dirección. La lesión de los lóbulos laterales ó de los pedúnculos medios produce la torsión de la cabeza hacia atrás y al lado opuesto; el cuerpo se tuerce hacia el mismo lado, y de todo ello resulta incoordinación de los movimientos, con tendencia irresistible á girar hacia el lado de la lesión. La rotación es acompañada de estrabismo divergente: el ojo del lado lesionado mira abajo y adentro, y el opuesto, arriba y atrás. Ferrier deduce de sus experimentos en los monos que, cuando la lesión de un lóbulo lateral es limitada, el animal voltea hacia atrás y al lado opuesto de la lesión.

Síntomas de las lesiones del cerebelo en el hombre. — La Clínica, con sus contribuciones, enseña que las lesiones parciales del cerebelo trastornan en más ó menos el movimiento y van acompañadas de alteraciones oculares. He aquí, en sumario, el cuadro que ofrecen las lesiones del cerebelo:

temblores, espasmos, tendencia á caer ó incoordinación, como si el enfermo estuviese borracho; convulsiones de los ojos (*nisgtamus*), vómitos y dolores en el occipucio. Estos síntomas, no sólo son indicadores de las enfermedades del cerebelo, sino que de su análisis puede resultar el diagnóstico preciso del sitio de la lesión ¹.

Efectos de la excitación. — Los experimentos de electrificación del cerebelo no han producido grandes resultados. Un tan hábil operador como Ferrier sólo ha podido obtener movimientos en los ojos y en la cabeza, por efecto de la excitación del cerebelo. Por excitación de la parte anterior del lóbulo medio, los ojos se dirigen hacia arriba y la cabeza hacia atrás; por la de la región posterior del mismo lóbulo, los ojos miran abajo y la cabeza se inclina adelante y abajo; y por la de los lóbulos laterales, los ojos ruedan hacia el lado que se irrita. En todos los casos, la excitación del cerebelo produce contracción pupilar; y en algunos, á los movimientos de los ojos y de la cabeza se combinan otros espasmódicos ó tónicos de los miembros.

Hipótesis sobre la función coordinadora del cerebelo. — Con semejante caudal de afirmaciones parecía natural que se estuviese de acuerdo acerca de la función motora del cerebelo. Nada, por desgracia, tan lejos de la verdad.

Rolando fué el iniciador de la teoría modernamente sustentada por

¹ He aquí una historia clínica curiosa, referida por el Dr. Frederick Taylor. Se refiere á un niño de cinco años afectado de tubérculos en el cerebelo. Varios meses antes de su muerte se sospechó la enfermedad, porque palpándole en el occipucio se halló un punto blando sobre el lado izquierdo del hueso, del tamaño de una peseta. Al mismo tiempo notó el paciente que al levantarse de la cama se sentía rodar, ya hacia un lado, ya hacia otro; los ojos fueron afectados de una especie de *nisgtamus* que le molestaba sobremanera cuando estaba echado del lado izquierdo, porque entonces los globos oculares, inclinados en esta dirección, giraban bruscamente á la derecha, y este vaivén se repetía muchas veces. Después se graduaron los síntomas, y cuando saltaba de la cama su cabeza giraba de izquierda á derecha.

La autopsia demostró tubérculos en el cerebelo, especialmente en el hemisferio derecho, que se ofreció infiltrado y reblandecido. (Citado por Hilton Fagge, loc. cit.)

Luys, que el cerebelo era el asiento de la potencia muscular. La influencia del cerebelo sobre los movimientos sería, según Luys, la de prestar energía al cerebro para que éste pueda determinar la orden motora, y á la protuberancia, al bulbo y á la médula, para ejecutar el movimiento. Una variante de esta hipótesis es la de Schiff, que supone la existencia de centros tónicos para los músculos en las regiones simétricas del cerebelo: de esta suerte, cada centro fijaría los músculos y las articulaciones en los movimientos complicados, v. gr., en la marcha.

Flourens, Lussana, y modernamente otros muchos fisiólogos, hacen del cerebelo un centro coordinador de los movimientos; y, para que haya de todo, Brown-Sequard niega á este órgano toda influencia directa en la locomoción.

Conclusiones. — Á mi entender, el cerebelo encierra un mecanismo de adaptación y acomodación de los movimientos. Los hechos en que me fundo han sido ya descritos en lo que precede, y de ellos, por tanto, sólo haré un recuento:

1.º Anatómicamente, el cerebelo se encuentra en relación con los cuerpos estriados, con la corteza del cerebro, con la protuberancia, con el bulbo y con la médula, órganos todos que entran en el concierto motor.

2.º Al cerebelo concurren, como vías centrípetas, los cordones posteriores y el manojó cerebeloso directo, fibras del aparato óptico, del acústico, y probablemente de los nervios vagos.

3.º La coordinación de los movimientos es perfecta después de la ablación del cerebro, y se conserva mediante el concierto entre los impulsos aferentes que conducen los nervios de sensibilidad general, los ópticos y los auditivos (rama vestibular). Pues bien: todas estas vías aferentes comunican con el cerebelo, según declara la conclusión anterior; y para mejor prueba, las lesiones y la excitación del cerebelo producen movimientos de los ojos y vértigos rotatorios, como las de los conductos semicirculares.

4.º Es unánime el acuerdo entre los fisiólogos sobre los trastornos en el movimiento por causa de lesiones ó ablaciones del cerebelo. Lo único que no se ha notado en los experimentos son

los vómitos, tan frecuentes en las enfermedades del cerebelo en el hombre; pero esta excepción puede explicarse fácilmente, suponiendo que las relaciones del vago con el órgano en cuestión son más estrechas en los humanos.

5.º La amputación del cerebelo no ocasiona parálisis de ningún músculo, ni anestesia en región alguna. La debilidad observada en los enfermos se explica por los gastos producidos por el proceso, del cual la lesión no es más que un síntoma.

De todo ello se deduce la influencia coordinadora que he afirmado del cerebelo. ¿Cómo la definimos? Á mi juicio, coordinación significa adaptación ó relación entre los movimientos y el fin á que se destinan. En tal sentido, se dice que hay adaptación de los reflejos medulares en una rana decapitada, porque se observa congruencia entre la excitación que solicita y el movimiento que responde; en este caso la adaptación supone un tránsito de influencia, una comunicación entre las células aferentes y las motoras, y dicha comunicación la establecen entre los varios núcleos sensitivos, las fibras comisurales longitudinales, y entre éstos y los núcleos motores, las colaterales que las fibras centripetas envían á las astas anteriores mientras transitan por los cordones posteriores.

El cerebelo, pues, será probablemente un mecanismo para los reflejos superiores, análogo al de la médula en los reflejos inferiores: para ello cuenta con todas las vías centripetas y se relaciona por sus pedúnculos con todos los núcleos motores y con el cerebro, que determina la orden. Pero es el caso, y ya lo haré notar cuando trate del cuerpo estriado, que este órgano se relaciona íntimamente con el cerebelo; los núcleos estriados se consideran depósitos de energía nerviosa para prestar fuerza á las determinaciones voluntarias. ¿Podría ser el cerebelo la llave que abriera el torrente de fuerza que guarda el cuerpo estriado? Si así fuese, tendría razón Luys en decir que el cerebelo presta energía y decisión á los actos del cerebro.

Funciones psíquicas del cerebelo. — El cerebelo debe coadyuvar en cierto modo á las funciones psíquicas: indícalo, de una parte, su estructura y conexiones; de otra, la experimentación y la Clínica. Pero ha de ser muy limitada la participación del cerebelo en la psique; porque las sensaciones, la conciencia, el entendimiento y la voluntad pierden su ejercicio en cuanto el cerebro falta ¹.

Los antiguos anatómicos se acreditaron de perspicaces, cuando con los menguados medios de análisis que entonces poseían descubrieron el parecido del cerebelo con el cerebro. Las últimas investigaciones histológicas no han hecho más que confirmar este parecido, del cual he hablado en la lección anterior. Natural era que quienes tan de lejos adivinaban en lo anatómico, predijesen en lo fisiológico, y así fué; pero en este último aspecto aún no se han confirmado las intuiciones de los maestros de antaño.

La hipótesis más antigua en pro de las funciones psíquicas del cerebelo es la de Willis. Este célebre anatómico, creyendo equivocadamente que el pneumogástrico nacía del cerebelo, é influido al propio tiempo por las ideas vitalistas, localizó en este órgano los espíritus vitales. Dichos espíritus trascendían después, por el nervio vago, á todas las vísceras y músculos involuntarios, á los cuales iban destinados. La hipótesis de Willis, tal como su autor la expuso, es insostenible hoy, pero hay en ella algunos dejos de verdad: el pneumogástrico no nace del cerebelo, mas tiene relaciones con él; no es posible demostrar espíritus vitales, pero las vísceras influyen en el equilibrio del cuerpo y son influidas en los trastornos motores, como lo prueban los vómitos del mareo y de las lesiones del cerebelo en el hombre.

Otra hipótesis anatómica fué la sostenida por Forville, el cual, siguiendo las huellas de Pourfour du Petit, situaba en el cerebelo el sensorio común. Esta hipótesis fué inducida de las relaciones del cerebelo con el cerebro, con el aparato óptico, con el táctil y el auditivo. No tengo para qué refutarla, porque en lo que antecede hay pruebas para juzgar de su inexactitud.

Pero la más famosa de todas las hipótesis fué la de Gall. El padre de la

1 Véase la lección LXXVI.

frenología hizo del cerebelo el centro del amor físico, ó sea del instinto genésico. He aquí las pruebas aducidas en pro de la hipótesis de Gall:

1.^a El cerebelo sigue en su evolución las fases del amor; se desarrolla en la pubertad y se atrofia en la vejez. (*Lo mismo ocurre al cerebro y casi á todos los órganos de la economía.*)

2.^a La mujer, menos libidinosa que el hombre, tiene el cerebro más pequeño. (*Efectivamente, la mujer es más casta, pero su cerebelo en relación al cerebro es mayor que en el hombre. Si el peso absoluto es menor, es porque todo el encéfalo es más pequeño.*)

3.^a Tiene el cerebelo un gran desarrollo en los idiotas, que son muy lascivos. (*Aquí se juzga el tamaño del cerebelo por el lado que conviene. No es que el cerebelo de los idiotas esté desarrollado, es la atrofia del cerebro lo que le presta apariencia de desarrollo.*)

4.^a Se pone turgente en los animales durante el celo, y exangüe en el invierno. (*Falta demostrarlo.*)

5.^a Las lesiones que excitan el cerebelo (inflamación) producen priapismo, y las que lo destruyen (tumores) impotencia. (*También falta demostrarlo.*)

6.^a La castración ocasiona la atrofia del cerebelo. (*No demostrado.*)

En suma, no puede aceptarse como prueba ninguna de las aducidas; y en cambio es concluyente el experimento de Luciani, citado en la lección anterior. Una perra privada de cerebelo, tuvo su celo, fué impregnada, parió y lactó sus crías.

Ya en lecciones anteriores he apuntado la hipótesis de Courmont, que hace del cerebelo un centro para las emociones. Los experimentos los practicó este autor en ratas, animales que son muy rabiosos y susceptibles. Después de la ablación, los animales se quedaron apáticos, y tanto se les daba del maullido de un gato como de otro cualquier excitante. Este hecho conviene con el de emocionarse y temblar los topos, y me parece que las ratas (yo no he practicado en éstos animales), cuando después de haberles amputado el cerebro se imitaba al maullido de un gato encolezado. Por otra parte, de todas las funciones psíquicas, la más repartida es la emoción¹; pues reduciéndose en último análisis á un concierto sensorio-motor, bien puede verificarse en el cerebelo, que es residencia de un mecanismo de acomodación entre los impulsos aferentes y los centrifugos ó motores. Por desgracia, en esta cuestión no podemos pasar de suposiciones; porque ni hay conformidad, ni puede haberla, mientras los hechos no declaren de nuevo.

1 Véase la pág. 854.

Lección LXXIX

Funciones de los pedúnculos cerebrales, cápsula interna, tálamos ópticos y cuerpos estriados.

Sumario: Funciones de los pedúnculos cerebrales. — Sistemas de fibras pedunculares. — Manojos del pie. — Regla de Horsley sobre la orientación de las fibras. — Fibras de la corteza del pedúnculo. — Funciones de la cápsula interna. — Efectos de la excitación y lesiones de las cápsulas. — Funciones de los tálamos ópticos. — Funciones del cuerpo estriado: hipótesis que se han propuesto. — Juicio crítico. — Técnica.

Funciones de los pedúnculos cerebrales. — Por su constitución anatómica puede inducirse fácilmente el cuadro de sus funciones. Son de transmisión en los sentidos centripeto y centrifugo, y de inervación por los núcleos ganglionares que contienen. En el concepto de conductor, las lesiones de los pedúnculos producirán parálisis motoras y anestias en relación al lugar que ocupen y á su grado, pero siempre en la mitad opuesta del cuerpo. Á las pérdidas de la sensibilidad sólo escapan las sensaciones del olfato, del gusto y de la vista, y aun estas últimas padecen cuando la lesión hiere á los tubérculos cuadrigéminos ó á la vía óptica central, situada en la parte superior y externa de los pedúnculos.

La sección de un pedúnculo, á la vez que ocasiona parálisis motora en la mitad opuesta del cuerpo, produce en los animales la tendencia á girar hacia el lado sano. Este síntoma es idéntico al que se observa después de la ablación de un hemisferio, de la

de los tubérculos cuadrigéminos de un lado ó de la ceguera brusca de un ojo, y tiene la misma explicación.

De las funciones ganglionares del pedúnculo sólo conocemos á ciencia cierta las que se refieren al nervio motor ocular común ¹. Las lesiones de la parte interna del pedúnculo que hieren las raíces del citado nervio producen parálisis de los miembros en el lado opuesto, y de los músculos del ojo del mismo lado.

Los pedúnculos del cerebro son dos cables de fibras que unen el cerebro con el cerebelo, la protuberancia y la médula, y, por el intermedio de la última, con todos los territorios del cuerpo. La unión es completa: *centrífuga* para todo el sistema motor, *centrípeto* para la mayoría de los impulsos

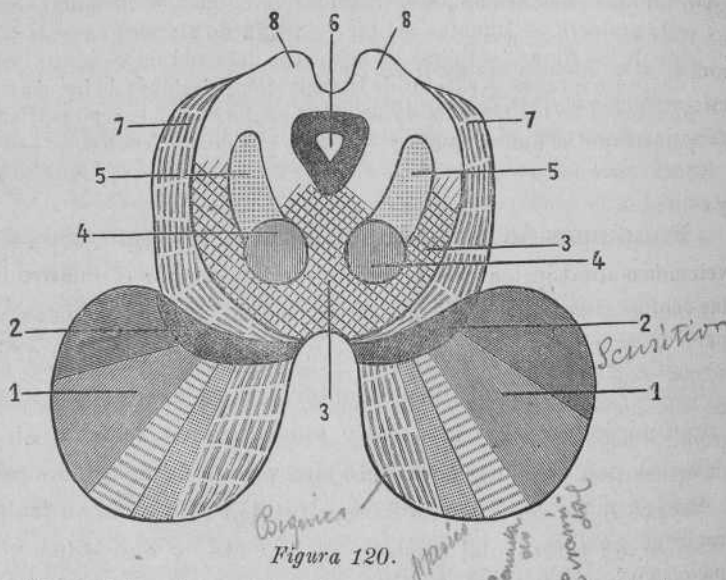


Figura 120.

Sección vertical semiesquemática del trozo superior del istmo encefálico ².

¹ Véase la página 645.

² 1, piso inferior ó pie del pedúnculo cerebral con sus cinco manojos; el sensitivo, en estriación longitudinal obscura; el piramidal, en la misma estriación, más clara; el geniculado, en estrias transversales; el de la afasia en puntos, y el psíquico en estrias longitudinales interrumpidas; 2, *locus niger*; 3, substancia reticulada ó piso superior del pedúnculo cerebral; 4, núcleos rojos de Stilling; 5, pedúnculo cerebeloso superior; 6, acueducto de Silvio; 7, manojos de la cinta de Reil; 8, tubérculos cuadrigéminos.

aferentes que llegan al sensorio, y *comisural* por las fibras que unen al cerebro con el cerebelo.

El pedúnculo cerebral se compone de dos partes distintas: el pie, y la cápsula, tegumento ó corteza; indicaremos las fibras que componen una y otra.

Fibras del pie del pedúnculo. — Se compone de dos clases de fibras:

1.^a *Fibras motoras ó centrífugas del cerebro.* — Estas fibras se clasifican fisiológicamente en dos categorías.

A. *Fibras que llegan directamente de la corteza.*

B. *Fibras que proceden de los núcleos del cuerpo estriado.*

Las primeras se pudieran subdividir en dos grupos, según que pasen ó no por la cápsula interna; pero es más aceptada la clasificación por el destino de los manojos. Antes de abordar esta clasificación, quiero dar á los lectores una regla topográfica que he aprendido de Horsley, y que presta gran utilidad para no perderse en este laberinto de conductores. Las fibras se disponen en la cápsula, y luego en el pie del pedúnculo, con un mismo orden, sólo que por los cambios de dirección que sufren al pasar de las circunvoluciones á la cápsula interna, y luego al pedúnculo, lo que es *inferior* en la corteza, es *anterior* en la cápsula, é *interno* en el pedúnculo.

Cinco manojos corticales directos se describen en el pie del pedúnculo, y contados de dentro afuera, son:

α Manajo impropriamente llamado psíquico. — Toma su origen en las circunvoluciones frontales, ocupa la parte anterior de la cápsula y se termina en las células ganglionares de la protuberancia. Las fibras de este manajo parece que se entrecruzan en la protuberancia con las del lado opuesto, y se conectan con las del pedúnculo cerebeloso medio; por donde se ve que no sólo el cerebelo busca al cerebro, sino que éste también sale á su encuentro. Según Flechsig, las fibras del manajo que estudiamos degeneran de arriba abajo, y faltan cuando los animales nacen sin cerebelo.

Este manajo es probablemente una rienda al servicio de la voluntad para regir los movimientos que se organizan en el mesocéfalo, algo así como la palanca que juega el maquinista para poner en movimiento la locomotora.

β Manajo de la afasia. — Casi hipotético, se supone constituido por las fibras que desde la región de Broca se dirigen á los núcleos motores del bulbo, y van destinadas á los movimientos de articulación de la voz.

γ Manajo geniculado. — Se nombra así porque ocupa el ángulo ó codo de la cápsula interna. Es muy pequeño y parece constituido por fibras que desde la región motora van á los núcleos del bulbo para presidir á los movimientos de la lengua y de la cara.

Δ *Manojo piramidal*. — Lleva fibras de los centros corticales para el movimiento de los miembros y se continúa con las pirámides del bulbo; por eso se apellida piramidal. Es el más voluminoso de los manojos y el que más largo trayecto corre.

ε *Fibras no capsulares*. — Propongo este nombre para un conjunto de fibras que ingresan del cerebro en los pedúnculos, sin pasar por la cápsula interna. Estas fibras no son sensitivas, porque degeneran de arriba abajo, proceden de las circunvoluciones occipitales y temporales, y rodeando por detrás del núcleo lenticular van al pie del pedúnculo, y de allí á la protuberancia, en donde se terminan, como el manojo psíquico, en relación con las fibras del pedúnculo cerebeloso medio.

Fibras estriadas. — Pertenecen al grupo de comisurales, y en tal concepto pueden considerarse como una comisura estrio-cerebelosa, porque van en dirección centrífuga. Emergen, al parecer, del núcleo lenticular del cuerpo estriado, pero no proceden sólo de él; es sabido que las fibras del núcleo caudal concurren al lenticular, y, juntas con las de éste, pasan al pedúnculo para concertarse en la protuberancia con las cerebelosas del pedúnculo medio.

2.^a *Manojo sensitivo*. — Es el único ejemplar de fibras centrípetas que pasan por el pie del pedúnculo. Ocupan el lado externo en el pedúnculo, y el tercio posterior del segmento posterior de la cápsula interna.

Fibras del tegumento. — Las fibras de la corteza del pedúnculo no se prestan á una descripción metódica, como las del pie, porque nuestros conocimientos sobre el sistema aferente son muy incompletos, sobre todo si se las compara con las que poseemos del sistema motor.

Las fibras de la corteza peduncular son, en su mayoría, fibras sensibles, y se relacionan principalmente con el tálamo óptico (vía óptica central) y con el cerebro á través del tercio posterior de la cápsula interna. Algunas fibras ópticas cruzan por el cuerpo estriado y van á terminarse en la región occipital (S. R. y Cajal.)

Ya he dicho en ocasiones pasadas, que las fibras centrípetas corren de estación en estación hasta llegar al cerebro, y, en efecto, en los mismos pedúnculos cerebrales encontramos substancia gris mezclada á la blanca (formación reticular y núcleo rojo), como prueba de que en ellos se trabajan también los impulsos centrípetos.

Tres sistemas de fibras encontramos en la corteza del pedúnculo:

1.^a La cinta de Reil, compuesta de fibras sensitivas, que van á terminarse en los tubérculos cuadrigéminos posteriores, en los tálamos ópticos

y en las regiones corticales del parietal y temporal. Estas últimas van por la cápsula interna.

2.^a La formación reticular, cuyas fibras se continúan del lado de la protuberancia con las de los cordones lateral y posterior, y se distribuyen, como las anteriores, por los tubérculos cuadrigéminos, tálamo óptico y cerebro.

3.^a Los pedúnculos cerebelosos superiores proceden, en su mayoría, del núcleo dentado, y van al tálamo óptico, al cuerpo estriado y á la cápsula interna.

Todas estas fibras, en su trayecto tegumentario, se conectan con un núcleo de substancia nerviosa, llamado *núcleo rojo*, y muchas de ellas, las de los pedúnculos cerebelosos superiores, se terminan en él (Cajal.)

Funciones de la cápsula interna. — La cápsula es un manojo de conductores centrífugos y centrípetos, que constituyen la principal si no la única vía que une al cerebro con los ganglios.

La cápsula interna trae desde el cerebro casi todas las fibras motoras directas y muchas de las que producen los núcleos estriados, y lleva al cerebro la mayor parte de las centrípetas que llegan por el pedúnculo; hacia el cerebro las fibras capsulares se irradian á las circunvoluciones, constituyendo la principal porción de la corona radiante, y hacia abajo se continúan con el pedúnculo cerebral, especialmente con su pie.

Las fibras que componen la cápsula interna constituyen anatómicamente una lámina de substancia blanca encorvada en forma de ángulo, cuya abertura mira hacia afuera. La porción anterior se dirige adelante y afuera, la posterior atrás y afuera también, y el ángulo recibe el nombre de codo ó rodilla de la cápsula. La porción anterior se halla comprendida entre los núcleos lenticular y caudal del cuerpo estriado, y la posterior entre el núcleo lenticular y el tálamo óptico.

La disposición de las fibras es tal, que toda la porción anterior de la cápsula, el codo y los dos tercios anteriores de la porción posterior, la ocupan las motoras, y únicamente el tercio posterior de la región léntico-óptica lo llenan las sensitivas. Á esta parte la llaman los anatómicos franceses encrucijada sensitiva (*carrefour sensitif*).

Una de las mejores localizaciones establecidas en el cerebro es

la de la cápsula interna: excitaciones, destrucciones experimentales, lesiones patológicas y degeneraciones de las fibras, prueban de consuno las funciones transmisoras de las mismas.

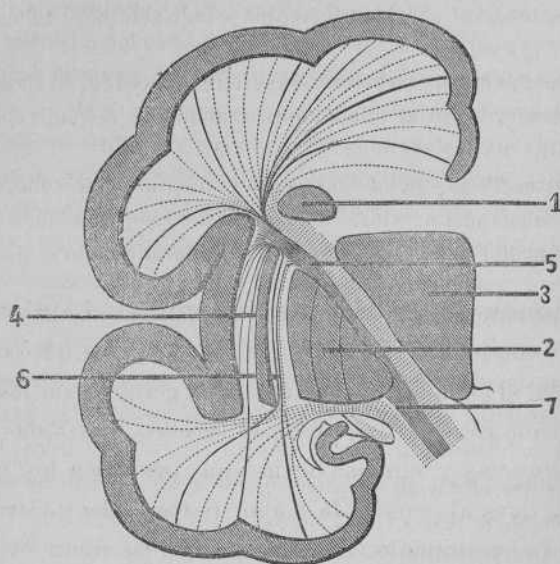


Figura 121.

Esquema representando la sección transversal del hemisferio cerebral izquierdo a nivel de la parte media del ventrículo central ¹.

En punto á excitaciones experimentales, las realizadas por Horsley y Beevor son un modelo. Según estos fisiólogos, la excitación de la cápsula por delante del codo ocasiona movimientos de abertura parpebral y rotación del globo del ojo; al nivel del dicho codo, abertura ó cierre de la boca y rotación de la cabeza y propulsión de la lengua; por detrás del codo, movimientos de la espalda, de los brazos, de la muñeca y de los dedos; y más posteriormente, en los diversos artículos del miembro abdominal.

Las lesiones experimentales, lo mismo que las debidas á los procesos morbosos, demuestran que la cápsula interna lleva todas ó casi todas las

¹ 1, núcleo caudal estriado. — 2, núcleo lenticular del mismo. — 3, tálamo óptico. — 4, antemuro ó *claustrum*. — 5, cápsula interna con sus manojos motores, en líneas seguidas, y los sensitivos en líneas de puntos. — 6, cápsula externa. — 7, espacio subtalámico por donde penetra el pedúnculo cerebral.

fibras motoras que unen el cerebro á la mitad opuesta del cuerpo. Cuando las lesiones son irritativas, se traducen por convulsiones, temblores y agitación en la esfera motora, y por perversiones sensitivas universales á la mitad opuesta del cuerpo. Si las lesiones son destructivas y comprenden la totalidad de la cápsula interna, producen hemiplegia y hemianestesia. Entre estas últimas merecen citarse la anosmia ó pérdida del olfato en la cámara nasal del lado opuesto Charcot, y la hemiopía de las regiones análogas de ambas retinas.

La anosmia cruzada parece contradecir á los hechos que expuse al tratar del olfato; pues aunque respecto al cruce me quedé en una duda prudente, en lo que hace á la localización no se comprende que, para ir al núcleo amigdalino, las fibras olfatorias tengan que pasar por la cápsula interna.

Por lo que se refiere á la hemiopía, nada nuevo tengo que decir sobre lo que expuse en la lección LXV. Únicamente debo llamar la atención que, como la hemiopía corresponde al lado nasal de la retina opuesta, priva á los enfermos de la visión clara y distinta en este ojo, y se creen tuertos cuando en realidad son hemíopes.

Las lesiones experimentales se compadecen en un todo con las observaciones clínicas. No hay sino leer la tesis de Veyssières ¹ ó los trabajos de Carville y Duret, y de Horsley y Beevor, ya citados, para convencerse de lo sólido de nuestros conocimientos en este punto.

No quiero terminar estas referencias sin advertir que el cuadro está trazado para el hombre, y que en los animales las parálisis son menos intensas á medida que su poder voluntario es más limitado.

Funciones de los tálamos ópticos. — Son dos núcleos ganglionares voluminosos, situados sobre las fibras de los pedúnculos del cerebro á su ingreso en el hemisferio. Por dentro y por arriba se relacionan respectivamente con los ventrículos medio y lateral, por fuera, con la cápsula interna, que en su porción posterior les separa del núcleo lenticular del cuerpo estriado.

Las relaciones de los tálamos con las cintas ópticas, de donde les viene su apellido óptico, y con las fibras centrípetas del pedúnculo cerebral, hicieron de estos órganos unos anejos del apa-

¹ *Recherches cliniques et expérimentales sur l'hémianesthésie de cause cérébrale*, 1874.

rato de sensibilidad; pero desgraciadamente, la obscuridad que envuelve al dicho aparato se hace tan densa en este punto, que salvo la parte que toman en la transmisión de los impulsos visuales, único extremo que se ha salvado de la hipótesis de Luys¹, poco ó nada sabemos de las funciones de estos ganglios.

Desde luego, la destrucción total de los tálamos ópticos no ha producido parálisis motoras ni sensitivas en los animales. Los ejemplos que se citan en contrario se explican por la extensión de las lesiones al pedúnculo ó á la cápsula interna. Casi siempre se apeló á los cáusticos líquidos (cloruro de zinc ó ácido crómico) para destruir el tálamo, y con ellos es imposible evitar la propagación de las lesiones.

Sólo un efecto sigue invariablemente á las destrucciones del tálamo, y aun éste no le corresponde en justicia: me refiero á la hemiopia en las regiones correspondientes de las dos retinas. Este síntoma se debe á la lesión del cuerpo geniculado externo, que descansa sobre el pulvinar², y quizás algunas veces á la de la misma cinta óptica.

Fuera de estos hechos, que ofrezco como ciertos, la inventiva de los fisiólogos ha encontrado motivos suficientes para definir las funciones del tálamo con hipótesis tan variadas como poco firmes. Quién, ve en el tálamo una reducción del propio cerebro, porque sus diversas regiones se atrofian cuando se extirpan las capas corticales de los lóbulos cerebrales con quienes se relacionan (Monakow); quién, lo considera como el centro de la expresión de los afectos (Bechterew); quién, un centro coordinador de los movimientos (Cristiani); quién, en fin, un foco de innervación visceral.

No he de añadir con mi opinión una hipótesis más, con tanto mayor motivo, cuanto que no tengo conclusiones ciertas de mis experimentos. Con todo, no quiero dar por terminado este punto sin advertir la semejanza, en la estructura de los tálamos, con la substancia reticular de la

1 Luys describía en los tálamos ópticos cuatro núcleos ó centros sensitivos, á saber: uno *anterior* para el olfato, otro *medio* para la vista, otro *mediano* para la sensibilidad general, y otro *posterior* para el oído. Esta hipótesis del anatómico francés sólo tiene hoy un valor histórico.

2 Recibe este nombre la región posterior de los tálamos.

protuberancia y del puente de Varolio. ¿No serán los tálamos la continuación de los ganglios nerviosos que encontramos como estaciones en el tránsito de los impulsos aferentes? Y si esto es cierto, ¿no podrían ser aparatos ganglionares de selección y derivación para los mismos impulsos? Acaso lleve razón Ferrier en decir, de los tálamos, que son la parte sensitiva de los reflejos superiores que se mandan por los cuerpos estriados.

Funciones del cuerpo estriado. — De antiguo viene ligada la suerte funcional del cuerpo estriado á la del sistema motor; y en efecto, sus relaciones íntimas con las fibras motoras de la cápsula y del pedúnculo inclinan el ánimo en pro de esta hipótesis. Los datos clínicos también militan á su favor, y es una desgracia que la situación profunda de los núcleos estriados y sus inmediatas relaciones con la cápsula interna hagan difíciles, arriesgadas y de éxito dudoso las investigaciones fisiológicas.

Á partir de la convención tácita que el cuerpo estriado es un aparato nervioso motor, tres hipótesis corren en la ciencia para explicar sus funciones:

1.^a Los núcleos estriados son dos ganglios avanzados en el cerebro, que tienen por oficio ejecutar las órdenes motoras que vienen de los centros corticales (Meynert).

2.^a Son una prolongación de los centros corticales y asumen idénticas funciones.

3.^a Es el cuerpo estriado, en su conjunto, un pequeño cerebelo dentro del cerebro, ó, si se quiere, una prolongación cerebelosa que tiene por misión coordinar las órdenes motoras.

Las tres hipótesis han ido surgiendo á compás de las investigaciones anatómicas. Cuando se creía que muchas fibras de la corteza del cerebro terminaban en el cuerpo estriado, y que éste á su vez producía nuevas fibras para los pedúnculos, era natural y lógica la hipótesis de Meynert, que le consideraba como un ganglio. Pero luego que los progresos anatómicos negaron la terminación de las fibras corticales en el cuerpo estriado, y confirmaron con más copia de datos las numerosas fibras que sus núcleos,

y especialmente el lenticular, prestan á los pedúnculos, hubo necesidad de sustituir la antigua hipótesis por otra que presentara el órgano en cuestión como una parte del área cortical, algo así como el núcleo amigdalino ó el asta de Amón; en suma, como un pedazo de cerebro invertido hacia la profundidad. Finalmente, las investigaciones de Flechsig, Wernicke y otros, al demostrar las íntimas relaciones del cuerpo estriado con el cerebelo, han inclinado el ánimo en pro de la semejanza funcional de los dos órganos.

Me parece que se ha cerrado muy de golpe la puerta de comunicación entre los núcleos del cuerpo estriado y la corteza del cerebro, pues aun suponiendo demostrado — y no lo está — que ninguna fibra cortical termina en aquéllos, no puede negarse que los atraviesan; y si esto es cierto, también debe serlo que este tránsito vale por relaciones dinámicas entre las fibras y los ganglios estriados. Siempre que los cilindros-ejes cruzan un ganglio, emiten colaterales de conexión para las células, y quiere decir que el cuerpo estriado se comportará con las fibras corticales, como los ganglios del simpático con las raíces que le presta la médula. Este es, á mi juicio, el papel del cuerpo estriado: un foco de inervación motora inmediatamente á disposición del cerebro; como si dijéramos, una batería de pilas eléctricas ó fuente de energía nerviosa, para prestársela en cantidad á las incitaciones voluntarias. Ya hemos visto que este modo de ver se compadece con la hipótesis de Luys sobre el cerebelo; y si así fuera, mi proposición se acorda también con la de Flechsig antes expuesta.

Los datos de más valor para un juicio sobre el cuerpo estriado serían los que prestase la Clínica; mas, infortunadamente, la disposición anatómica de esta región, y la disposición de los vasos que la riegan, hacen casi imposibles las lesiones puras de los núcleos estriados, y siempre les acompañan las de la cápsula interna. Por eso, cuando en Patología se dice que los focos hemorrágicos del cuerpo estriado causan hemiplegia del lado opuesto, debe entenderse que está herida la cápsula interna, y que la lesión de sus fibras es causa de la parálisis.

En los experimentos realizados por Ferrier, Carville, Duret y otros, las excitaciones eléctricas de los núcleos estriados producían movimientos en el lado opuesto del cuerpo; y las destrucciones, gran debilidad en los miembros, paresias más que parálisis. El eminente Charcot profesaba idéntica doctrina y establecía, como signo de diagnóstico diferencial entre las lesiones puras de los núcleos estriados y las estriio-capsulares, que las parálisis por las primeras eran incompletas y transitorias, aunque la lesión no se reintegrase; y por las segundas, completas y permanentes.

Técnica. — El cuerpo estriado se compone de dos núcleos: uno anterior y superior, llamado *caudal ó intraventricular*; y otro inferior ó externo, *lenticular ó extraventricular* (figura 121).

Los núcleos del cuerpo estriado y el tálamo óptico no pueden ser alcanzados sin gravísimas mutilaciones del cerebro; y entonces, entre la anestesia, la hemorragia y las lesiones secundarias, obscurecen de tal modo los resultados, que es muy difícil analizarlos. Desde luego el núcleo caudal y los tálamos ópticos pueden alcanzarse por los ventrículos, previa sección del cuerpo calloso; mas para llegar al núcleo lenticular, á la cápsula interna y al antemuro, hay que decapitar los hemisferios ó acudir á las inyecciones de ácido crómico ó de cloruro de zinc. Por estas dificultades, la fisiología de los ganglios basales se ha enriquecido más con las autopsias clínicas que con las vivisecciones. Lograr la supervivencia de los animales después de estas gravísimas lesiones, suele ser un problema aún más difícil que la operación misma.

Leccción LXXX.

Funciones del cerebro.

Sumario: Cerebro humano. — Forma. — Peso. — Cisuras. — Lóbulos y circunvoluciones de la cara externa. — Circunvoluciones de la cara interna. — Idem de la base. — Corteza cerebral.

Cerebro.— Es un órgano complejo que asume el gobierno de todo el cuerpo y representa la más alta expresión de la unidad en la economía de los vertebrados. El cerebro recibe en última instancia todas las impresiones del organismo, es el origen de las determinaciones motoras y el instrumento de las funciones psíquicas.

El cerebro humano es el arquetipo de los cerebros animales: entre el cerebro liso de las aves y el del hombre hay tanta distancia como entre los protozoarios anervinos y las dichas aves.

Un abismo separa, de otra parte, las funciones psíquicas del hombre de la de los animales más inteligentes, sin excluir al mono, cuyo cerebro se parece al del feto en el quinto mes, pero no resiste la comparación con el de un niño recién nacido.

Por su forma, volumen, peso, superficie y circunvoluciones, el cerebro humano se destaca de todos los demás, y es el primero en punto á desarrollo y complicación, siempre teniendo en cuenta la total estructura del individuo. Pasaré revista sumaria á los caracteres anatómicos del cerebro del hombre.

Forma.— El cerebro humano tiene la forma de un ovoide, cuyo diámetro mayor se dirige de delante á atrás. La extremidad gruesa del ovoide

mira al occipucio, y el vértice á la frente: por arriba y á los lados es convexo; por la cara inferior, llamada base, es plano; y por toda su superficie, plegado y anfractuoso. La parte convexa corresponde al frontal, parietales, occipital, temporales, y algo á los esfenoides; la plana se apoya sobre la base del cráneo y la tienda del cerebello, que la separa de este órgano. El ovoide cerebral se divide en dos hemisferios casi simétricos, unidos hacia la base por una comisura transversal, el cuerpo calloso.

Peso. — Es variable según las razas, las edades, el sexo y los individuos. Término medio en el hombre adulto de nuestra raza, 1.182 gramos (Sappey), ó 1.157 (Broca); y en la mujer, 1.093 y 995 respectivamente.

Circunvoluciones cerebrales. — La superficie del cerebro se encuentra abollada por multitud de circunvoluciones, separadas entre sí por surcos ó hendiduras. Estas circunvoluciones aparecen con cierto orden, y

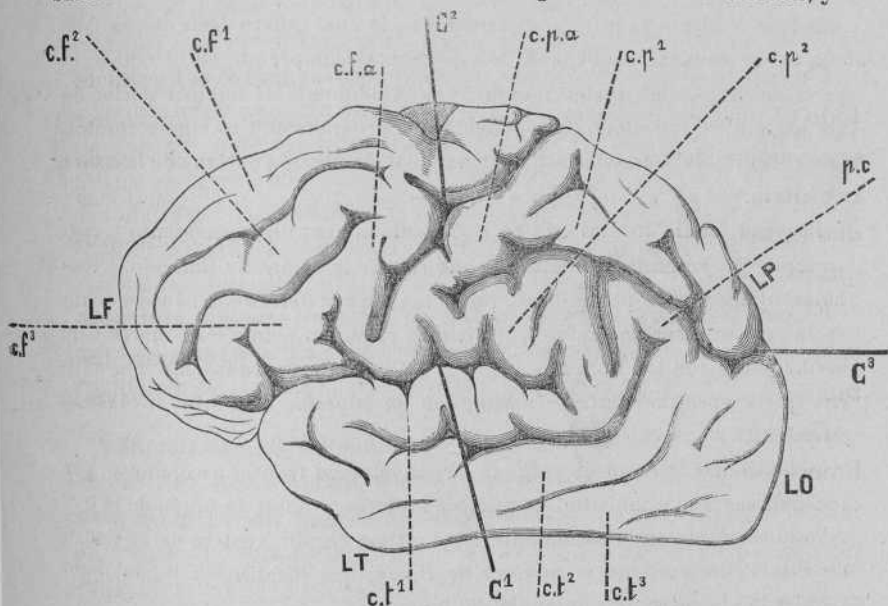


Figura 122.

Cara externa del hemisferio cerebral izquierdo ¹.

C^1 , cisura de Sylvio; C^2 , ídem de Rolando; C^3 , ídem perpendicular externa; LF , lóbulo frontal; LP , ídem parietal; LO , ídem occipital; LT , ídem tèmpero-esfenoidal; cfa , circunvolución frontal ascendente; cf^1 , ídem frontal 1.^a; cf^2 , ídem frontal 2.^a; cf^3 , ídem frontal 3.^a; cpa , circunvolución parietal ascendente; cp^1 , ídem parietal 1.^a; cp^2 , ídem parietal 2.^a; pc , pliegue curvo; ct^1 , ct^2 y ct^3 , circunvoluciones tèmpero-esfenoidales 1.^a, 2.^a y 3.^a

el plan para su descripción lo suministran unas hendiduras que, por su constancia ó por su mayor profundidad, permiten separar metódicamente la parte convexa de cada hemisferio en cuatro lóbulos. Dichas hendiduras, llamadas de primer orden ó simplemente *cisuras*, son tres para la cara externa: la de *Silvio*, la de *Rolando* y la *perpendicular externa*. En la cara inferior ó base de los hemisferios basta con la cisura de Silvio para su descripción: y en cuanto á la cara interna, la *calcarina*, la *calloso-marginal* y la *perpendicular interna* valen por líneas de demarcación.

Lóbulos. — En la cara convexa de los hemisferios se cuentan los siguientes:

Frontal. — Le sirven de límites por delante y arriba, los del hemisferio, y por detrás, la cisura de Rolando, que le separa del parietal. Dicha cisura dista de la extremidad anterior del hemisferio 111 milímetros por su parte superior, y 71 por la inferior (Giacomini), lo cual quiere decir que es oblicua hacia adelante y abajo. El lóbulo frontal comprende en el cráneo la parte del hueso del mismo nombre y próximamente el tercio anterior de los parietales. Por abajo está perfectamente demarcado el lóbulo frontal, por el límite del hemisferio y el principio de la porción externa de la cisura de Silvio.

Posee el lóbulo frontal cuatro circunvoluciones: una ascendente y casi vertical, que constituye la margen anterior de la cisura de Rolando, y tres horizontales antero-posteriores, que se reúnen por detrás con la ascendente en la cual se insertan. Estas tres últimas circunvoluciones se marcan de arriba abajo con los números 1.º, 2.º y 3.º y están separadas por dos surcos que respectivamente se distinguen en superior é inferior. (Véase la *figura 122*.)

Debo llamar la atención sobre la circunvolución frontal ascendente, por localizarse en ella multitud de núcleos motores, y sobre la unión de la tercera horizontal con la ascendente: esta última región, costera de la cisura de Silvio, ha recibido el nombre de Broca, que localizó en la del lado izquierdo el centro determinante del lenguaje.

Parietal. — Este lóbulo ocupa la parte media y superior del hemisferio, y está bien limitado hacia arriba por el borde del cerebro, adelante por la cisura de Rolando, abajo por la de Silvio, y atrás por la perpendicular externa. Estos últimos límites son casi artificiales, porque la cisura perpendicular externa no se prolonga más allá de la circunvolución que bordea el hemisferio; pero se considera prolongada idealmente por una línea trazada en la dirección de la perpendicular interna, bien marcada en la cara

correspondiente del cerebro. En esta situación resulta el lóbulo parietal enclavado como una cuña entre los otros tres lóbulos, el frontal por delante, el occipital por detrás, y el témporo-esfenoidal por abajo.

Tres circunvoluciones componen el lóbulo, y dos de ellas gozan justo renombre en la topografía cerebral: la primera, ó *parietal ascendente*, y la tercera, conocida también con el nombre de *lóbulo parietal inferior*.

La parietal ascendente es paralela á la frontal del mismo nombre, con la que se une por abajo limitando la cisura de Rolando, de la cual forma la circunvolución que nos ocupa la margen posterior, y comparte con su congénere frontal el asiento de los núcleos motores (centros psico-motores).

Las otras dos circunvoluciones del lóbulo parietal son horizontales y se encuentran separadas por un surco, el *interparietal*. Entrambas han sido consideradas como lóbulos, y distinguidas, por su posición, en superior é inferior. El lóbulo parietal superior ó segunda circunvolución costea el borde del hemisferio y se continúa en el occipital, sin otro deslinde, como he dicho, que la rudimentaria cisura perpendicular externa.

La inferior, tercera circunvolución parietal, lóbulo del pliegue curvo ó *girus angular*, pues con todos estos nombres se la conoce, toma origen por delante en la parietal ascendente, se continúa por detrás con la segunda occipital y por abajo se une á la primera temporal, constituyendo con ella el término de la cisura de Silvio. Esta circunvolución tiene en su trayecto parietal la figura de una *M*, cuya rama posterior acaba en voluta y describe en su conjunto (la rama) un gancho llamado *girus angular* ó *pliegue curvo*, célebre en la Fisiología por los experimentos de Ferrier. El pliegue curvo inscribe la parte supero-posterior del primer surco temporal.

Lóbulo témporo-esfenoidal. — Ocupa la parte media é inferior del hemisferio y corresponde á la porción escamosa del temporal por su parte externa, y por su base al esfenoides. Está limitado hacia adelante y arriba por la cisura de Silvio, hacia abajo por el borde inferior del hemisferio, y hacia atrás por la línea ficticia que prolonga la cisura perpendicular externa. Este lóbulo ofrece tres circunvoluciones paralelas á la cisura de Silvio, las cuales se designan respectivamente, á contar de arriba abajo, con los numerales *primera*, *segunda* y *tercera*.

Lóbulo occipital. — Por delante tiene límites convencionales en la prolongación ideal de la cisura perpendicular externa; y por las partes superior y posterior, los confines naturales del hemisferio. Consta de tres circunvoluciones, que corren de delante atrás: la primera es continuación

de la segunda parietal (lóbulo parietal superior); la segunda, del giro angular; y la tercera, de la última temporal.

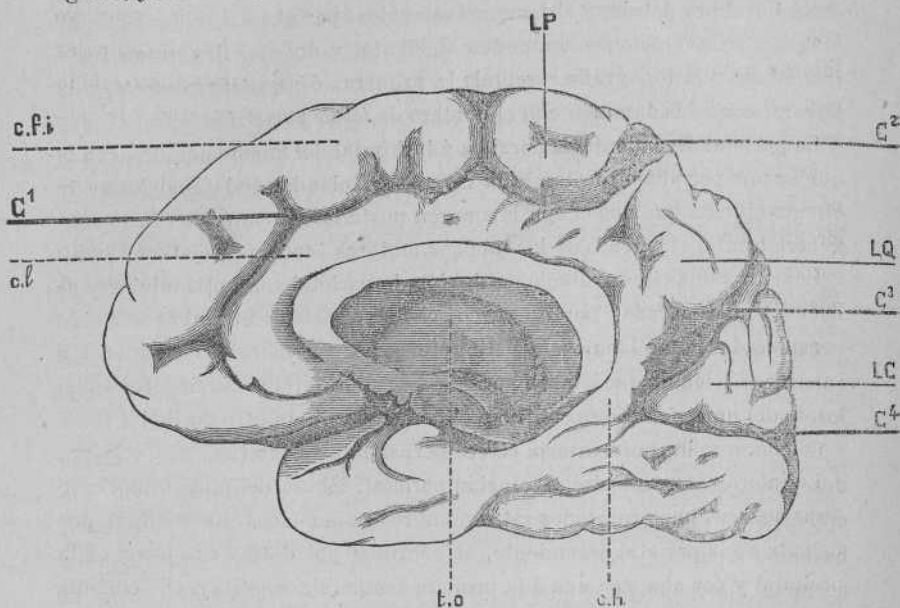


Figura 123.

Cara interna del hemisferio cerebral derecho ¹.

Circunvoluciones de la cara interna de los hemisferios.—Tres cisuras dan motivo, como queda dicho, á la división metódica de la cara interna del cerebro: la *calloso-marginal*, la *calcarina* la y la *perpendicular interna*. La primera circunscribe la extremidad anterior ó rodilla del cuerpo calloso, sigue contorneando la cara superior del mismo cuerpo, y al llegar á la unión de los dos tercios anteriores con el tercio posterior del hemisferio se inclina bruscamente hacia arriba, yendo á terminarse en el borde superior, un poco por detrás de la terminación de la cisura de Rolando. La *calcarina*, llamada así por haberse comparado á un aguijón ó espuela, se extiende desde la parte posterior del hemisferio, en donde comienza por dos ramas que se anastomosan en ángulo, hasta cerca del rodete del cuerpo

1 C¹, cisura calloso-marginal; C², terminación de la cisura calloso-marginal; C³, cisura perpendicular interna; C⁴, cisura calcarina; LP, lóbulo paracentral; LQ, lóbulo cuadrilátero; LC, lóbulo de la cuña; c.f.—circunvolución frontal interna; c.l., circunvolución límbica ó del cuerpo calloso; c.h., circunvolución del hipocampo; t.o., tálamo óptico.

calloso, en donde se termina, confundiéndose con la perpendicular interna. Esta última, parte del borde superior del hemisferio, como continuación de la perpendicular externa, y se dirige hacia adelante y abajo á reunirse con la calcarina. Entre la rama ascendente de la callosa y la perpendicular interna se aísla una porción de hemisferio, que, por su forma, ha recibido el nombre de *lóbulo cuadrilátero*, y entre la perpendicular interna y la calcarina otra triangular, que se llama *cuña* ó *lóbulo cuneiforme*.

En la cara interna del hemisferio se hacen notables dos circunvoluciones: la *frontal interna*, que no es más que el relieve interno de la primera circunvolución frontal transversa, que ya he mencionado en el lóbulo correspondiente; y la *circunvolución del cuerpo calloso*, que contornea al mismo tiempo, desde el pico hasta el rodete.

Circunvoluciones de la base. — La cara inferior del hemisferio se encuentra dividida por la porción inicial de la cisura silviana en dos lóbulos: uno anterior ú orbitario, y otro posterior ó ténporo-occipital.

El lóbulo orbitario descansa sobre las fosas del mismo nombre y ofrece dos porciones de aspecto completamente distinto: la interna, con dos circunvoluciones antero-posteriores y paralelas, *las olfatorias*; y la externa, bastante irregular, compuesta de pequeñas circunvoluciones que se agrupan alrededor de un surco que, aunque se llama *crucial*, tiene la figura de una *H* ó de una *K*.

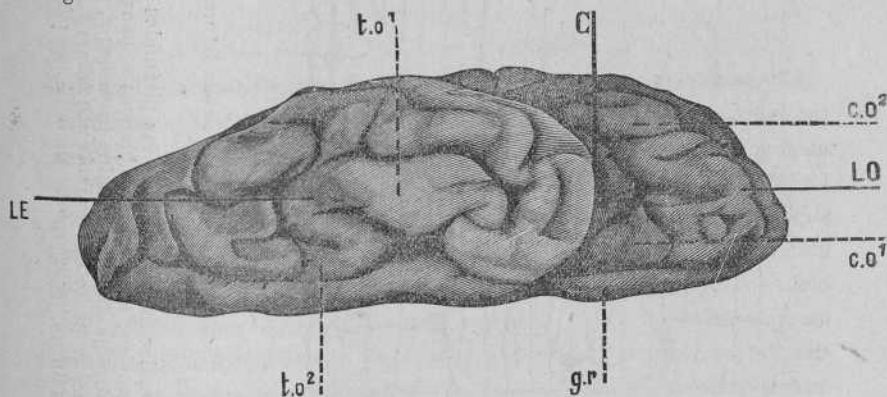


Figura 124.

Cara inferior de un hemisferio cerebral¹.

¹ C, cisura de Sylvio; LO, lóbulo orbitario; LE, lóbulo eseno-occipital; gr, gyrus recto ó circunvolución olfatoria; co¹ y co², circunvoluciones olfatoria, externa é innominadas; to¹, circunvolución del lóbulo fusiforme; to², ídem del lóbulo lingual.

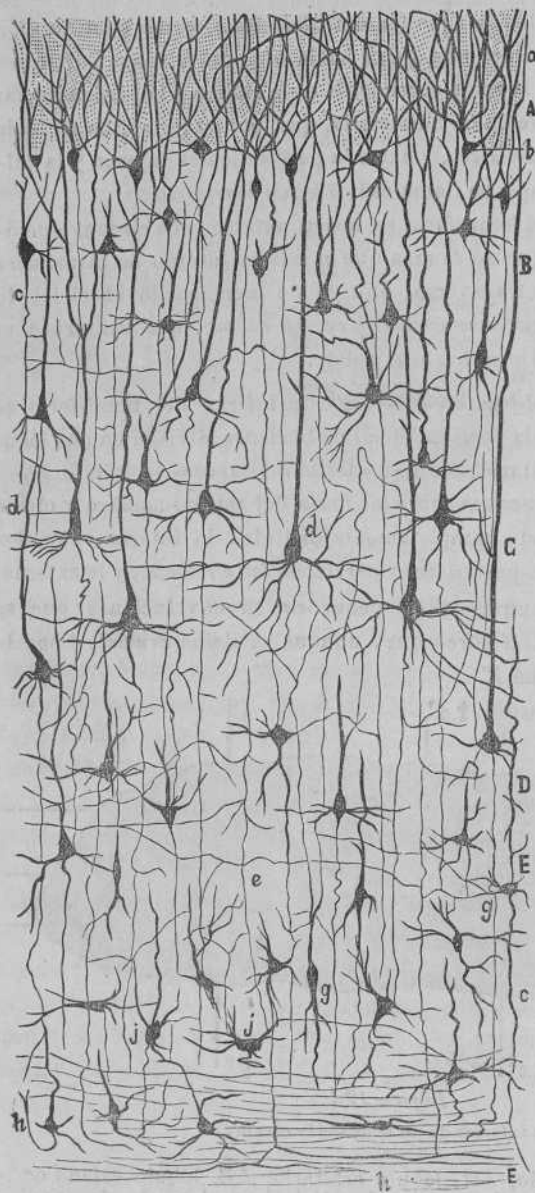


Figura 125.

Corte transversal de la corteza del cerebro de un ratón de un mes. (Región supraventricular).¹

1 A, capa molecular; B, capa de las pirámides pequeñas; C, capa de las grandes pirámides; D, capa de los corpúsculos póliformes; E, substancia blanca; a, penachos espinosos de las pirámides; b, pirámides pequeñas más superiores; c, cilindro-eje de una pirámide pequeña; d, gran pirámide; e, su cilindro-eje; f, célula con cilindro-eje ascendente; g, células semejantes pero más pequeñas; h, células residentes en la substancia blanca; i, células redondas, cuyo cilindro-eje se dirige hacia la substancia blanca; j, células sensitivas de Golgi. (Santiago Ramón y Cajal.

El lóbulo témporo-occipital está dividido por dos surcos antero-posteriores en tres circunvoluciones que corren en la misma dirección, y que se distinguen con los nombres de primera, *la que ocupa el centro*; segunda, *la interna*; y tercera, *la del borde externo*.

La segunda circunvolución recibe también el nombre de *lóbulo lingual*, y su parte anterior el de *hipocampo*.

Las descripciones que preceden se refieren á un término medio normal, porque los pliegues del cerebro humano varían mucho en los diversos individuos. No hay sino comparar varios cerebros humanos en un Museo, ó las figuras que los representan en los libros, para convencerse de estas diferencias individuales. Tampoco hay límites naturales entre las diversas porciones de la capa cortical del cerebro, y, por el contrario, las circunvoluciones se continúan unas con otras, y pasan de lóbulo á lóbulo. Por esta razón, y con mayor apremio en los cerebros de los animales, es necesario, siempre que se quiera señalar el sitio preciso de una lesión, mostrarla en un grabado ó en fotografía, porque de otro modo se añade una confusión más á un asunto de suyo complejo.

Corteza cerebral.—La estructura de la corteza cerebral, muy trabajada por Gerlach, Deister, Kölliker y otros, puede darse hoy como resuelta histológicamente, gracias á las modernas investigaciones de Golgi, Tartuferi, Flechsig, y principalmente por las de mi sabio profesor Ramón y Cajal¹. Aturde el ánimo la descripción de los innúmeros y variadísimos elementos que se agrupan en el espacio reducido de una corteza cuyo mayor espesor, en las regiones motoras, no pasa de 33 décimas de milímetro; pero no maravilla menos el arcano dinámico que tal estructura nos deja adivinar.

Por su forma, los elementos celulares de la capa somato-psíquica hacen raya en todo el sistema nervioso, que tan rico se ofrece á la Anatomía. Las hay poligonales, fusiformes, triangulares, olivares, piramidales, etc. Por su tamaño oscilan en límites muy extensos, desde las gruesas á las pequeñas pirámides, y desde las células de cilindro-eje ascendente á las sensitivas de Golgi. La *figura 123* da idea de lo que debe ser la estructura de la corteza del cerebro humano.

¹ S. Ramón y Cajal: *Sur la structure de l'écorce cérébrale de quelques mammifères*. Louvain.—El mismo: *sobre la existencia de células nerviosas especiales en la primera capa de la corteza cerebral*. (*Gaceta Méd. Cat.*, Diciembre 1890.)

Leccción LXXXI.

Funciones del cerebro. (Continuación.)

Sumario: Cerebros de los animales domésticos. — Cerebro del mono. — Idem del perro. — Idem del conejo. — Idem de la paloma. — Técnica. — Preparaciones.

Cerebros animales. — Para juzgar de cuanto tenemos que decir acerca de las funciones del cerebro, es indispensable conocer los de los animales que ordinariamente sufren las vivisecciones. Además, con estos datos, el alumno podrá experimentar por su cuenta, si tiene gusto y ocasión de ello, y cuando menos sacar provecho de las vivisecciones que presencie en el laboratorio.

Cerebro del mono. — Es el que más se asemeja al del hombre, por su forma y por el cuadro de sus circunvoluciones. En la ligerísima reseña que voy á hacer de este y de otros cerebros, me referiré á la superficie externa, pues estos datos sólo interesan desde el punto de vista experimental y ésta se encuentra casi limitada á dicha superficie.

Las mismas cisuras, y con idénticos nombres, dividen el hemisferio del mono en los cuatro lóbulos ya descritos en el cerebro humano: es de notar que el cerebro se reduce hacia la parte anterior hasta terminar afilado el lóbulo frontal; que las circunvoluciones de este lóbulo tienen menos relieve y recorrido, y que la cisura perpendicular externa está perfectamente marcada. Por lo demás, el número de circunvoluciones de cada lóbulo, y los nombres que las distinguen, son iguales á los ya referidos en el hombre, como puede verse en la figura 126.

Cerebro del perro. — En su cara externa se encuentra abollado por cuatro circunvoluciones, que lo recorren de delante atrás, sin que haya lí-

mites anatómicos precisos para su metódica descripción en lóbulos, aunque se admiten igual número de ellos que en el cerebro humano.

Las cuatro circunvoluciones reciben el nombre genérico de externas y constituyen sendos arcos concéntricos á la cisura de Silvio. Al primer arco, que sirve de playa á la dicha cisura, se le llama *silviano*; al segundo, *ecto-silviano*; al tercero, *supra-silviano*; y al cuarto, por servir de límite al

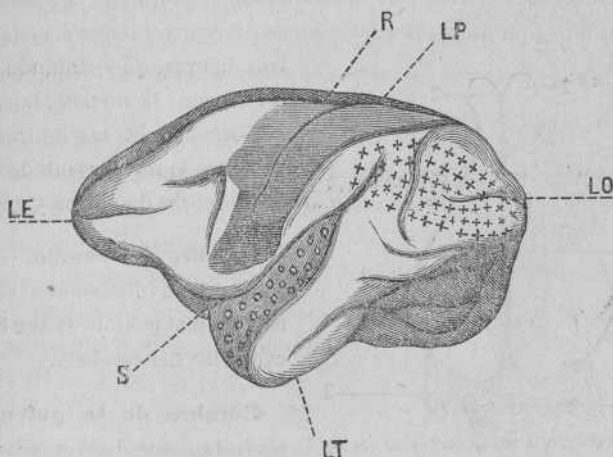


Figura 126.

Cerebro del mono macaco, según Ferrier ¹.

hemisferio, arco ó *circunvolución marginal*. Cada uno de estos cuatro arcos se subdivide en tres porciones, que conservan su apellido genérico y se distinguen por su situación, en anterior, medio y posterior; de donde se deduce, v. gr., una circunvolución silviana anterior, otra media y otra posterior, y así para los demás arcos.

El arco supra-silviano se bifurca hacia atrás, mediante una cisura transversa, llamada *ecto-lateral*: la rama superior de bifurcación lleva el nombre de ecto-lateral, y la inferior conserva el apellido de supra-silviana; pero como se encuentra en la parte postrera, se la llama supra-silviana posterior.

¹ Los centros motores de los miembros abdominales y de la cola, los de los miembros torácicos y los de la cara y lengua, van señalados de arriba abajo por sombras de distintas intensidades. Las regiones cuya extirpación causa ceguera completa y permanente del lado opuesto, van señaladas con ++++; y las que producen sordera, también cruzada, con ○○○○; R, cisura de Rolando;—S, ídem de Silvio; Los lóbulos van marcados con sus iniciales.

En representación de la cisura de Rolando se encuentra un *surco crucial* situado sobre la porción frontal de la circunvolución marginal, é interesante, por agruparse á su alrededor los centros motores. En la parte anterior del hemisferio hállanse otras dos cisuras, de forma curva con la concavidad vuelta hacia atrás; de ellas, la más anterior separa los lóbulos olfatorios de los frontales, y se llama *cisura olfatoria*: detrás de ésta, y delante de la crucial, encuéntrase otra cisura bastante profunda, la *precrucial*.

Por último, limitando los cuatro arcos ó circunvoluciones, encuéntranse tres cisuras, que contando de abajo arriba son: la *silviana*, la *supra* y la *ecto-silviana*. En las figuras 85 y siguientes van representados diferentes cerebros de perros y gatos.

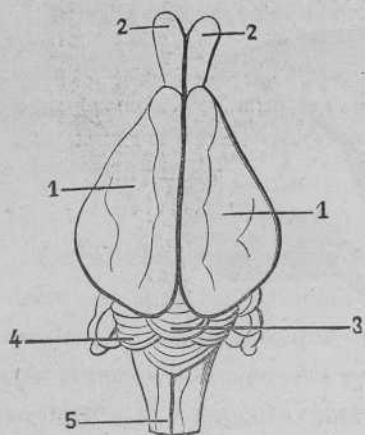


Figura 127.

Encéfalo de conejo ¹.

Cerebro del conejo. — Apenas tiene circunvoluciones el cerebro de este animal cuando ya son bien marcadas las del cerebelo.

Cerebro de la paloma. — Es perfectamente liso, y se reduce á una delgada capa de tejido que cubre á los lóbulos ópticos. (Véase la figura 128.)

Técnica. — Para orientarnos en el intrincado laberinto de las localizaciones del cerebro, no tenemos en el hombre más que un solo medio: relacionar las lesiones que nos enseña la Anatomía patológica con los síntomas que suministra la Clínica. Luego vienen los datos que prestan las vivisecciones.

Las vivisecciones en el cerebro, como todas, giran sobre dos procedimientos: estimular una parte y deducir por los efectos la función; destruirla y anotar las pérdidas. Luego vienen como complementarias la observación de las partes degeneradas á consecuencia de las lesiones y la investigación del desarrollo en los embriones. Pero los experimentos sobre el cerebro son siempre difíciles, porque para alumbrar el órgano es precisa

¹ 1, hemisferios cerebrales con indicios de circunvoluciones; 2, lóbulos olfatorios; 3, lóbulo central del cerebelo; 4, lóbulo lateral del mismo; 5, Bulbo raquídeo.

una grave faena, la trepanación. Ya á la vista el cerebro, sólo podemos maniobrar con relativo desembarazo sobre su superficie externa; y en lo que toca á las partes profundas ó á las de la base, sobre centuplicarse los riesgos, operamos á tientas.

Pasan de ciento las trepanaciones que llevo hechas en perros, gatos y conejos. No he trepanado monos, porque no he dispuesto de ellos; pero de cualquier modo, puedo hablar á ciencia propia de la trepanación.

Comencé usando el trépano para tallar el hueso, y la cizalla para agrandar la abertura: últimamente uso según, los casos, el trépano, el escoplo, el serrucho y la sierra *cresta galli*. He aquí cómo procedo: previa incisión en la línea media, que comprende desde la raíz de la frente hasta la protuberancia occipital externa, diseco la piel, y luego desprendo de sus inserciones

los músculos temporales y el occipital, si es preciso. Los músculos los desprendo con una legra, porque de esta suerte la hemorragia es menor que usando el bisturí. Limpio el hueso, practico dos cortes de sierra paralelos, y luego otros dos que unen los anteriores: con una pinza fuerte hago saltar el pedazo rectangular de hueso, y ya tengo las meninges al descubierto. En esta parte de la operación es menester proceder con rapidez, porque la hemorragia apura. La sangre fluye de los vasos del díploe y de las meninges, que casi siempre resultan heridas por las sierra.

La hemorragia es el accidente más grave de la trepanación, y desgraciadamente inevitable¹. Muchos recursos se han propuesto para contenerla; entre ellos, el que mejor resultado presta consiste en cubrir las superficies cruentas de los huesos con cera de modelar. Una estadística más brillante de lo que me hacían esperar las malas condiciones en que he operado y mis escasas aptitudes, me permite asegurar que la hemorragia de los huesos

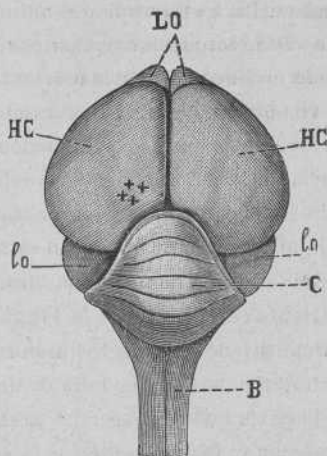


Figura 128.

Encéfalo de paloma¹.

¹ LO, lóbulos olfatorios; HC, hemisferios cerebrales; LO, lóbulos ópticos; C, cerebelo; B, bulbo. Las cruces señalan la situación de los centros ópticos.

² La hemorragia es tanto más copiosa cuanto más se acerca la trepanación á la base del cráneo y á la región fronto-parietal.

cesa pronto y completamente sólo con la influencia del aire; por tanto, lo urgente es desprender pronto la calota huesosa. Ni un solo operado he perdido por la hemorragia en esta parte de la operación.

Queda la última parte de la vivisección, y ésta varía según el fin que se persiga. Para aprovechar el animal, y como indicador de la región que está á la vista, conviene empezar por la excitación de la capa cortical del hemisferio. Puede usarse la corriente galvánica; pero si es poca la intensidad, no se nota efecto alguno; y aunque sea bastante, el efecto es fugaz y siempre se está expuesto á los fenómenos electrolíticos. Yo siempre uso la corriente farádica y me sirvo del aparato de Dubois, Raymond ó de Ranvier. La separación de las bobinas debe ser proporcionada al estado del animal; y como de ordinario está cloroformizado, conviene que estén casi incluída la una dentro de la otra. Ferrier da como regla la sensación de la corriente en la punta de la lengua.

Demostrados los efectos motores de las excitaciones eléctricas sobre la corteza del cerebro, es hora de proceder á la amputación ó destrucción de la parte que se desee. La destrucción puede obtenerse con los cáusticos ó con el termo-cauterio; la acción de los primeros siempre es superficial, porque casi todos los cáusticos son coagulantes ó deshidratantes de los tejidos y se combinan con las sustancias orgánicas formando compuestos insolubles, que oponen barrera infranqueable á la ulterior destrucción; además, casi todos se aplican en disolución, y, como líquidos, se extienden más allá de donde conviene. El termo-cauterio es de mejor y más fácil aplicación, pero tiene el inconveniente de que no pueden precisarse con exactitud las regiones destruídas; y como hemostático deja mucho que desear, porque es tal la riqueza de sangre que fluye de la herida, que el cuchillo se apaga sin cohibir la hemorragia.

Para cauterizaciones superficiales, sobre todo en animales pequeños, me valgo del termo-cauterio; pero para destruir una región extensa uso el mango del bisturí, que es suficiente para seccionar la masa blanda de los sesos. Describiré la operación más grave que puede intentarse en un animal superior, la amputación de un hemisferio cerebral en el perro, y con este cuadro puede el lector figurarse los de las operaciones más pequeñas.

Levantada la cubierta, del modo que he dicho, y huyendo siempre de la línea media, para no herir el seno longitudinal superior, introduzco el mango de un escalpelo sobre el borde del hemisferio, y jugándolo como palanca logro que dicho borde, separándose de la hoz del cerebro, haga hernia por la herida. Luego, con el mismo mango, deslizado por la cara interna, hago la sección del cuerpo caloso, y entonces concluyo la extrac-

ción del hemisferio, separándole de la base del cráneo y del pedúnculo cerebral. Es difícil extraer el hemisferio completo; pero las porciones que quedan hacia la base y hacia atrás se destruyen con el termo-cauterio.

La hemorragia es copiosa, y es preciso acabar la amputación cuanto antes. Extraído el hemisferio, relleno el hueco con esponjas esterilizadas y empapadas en la solución de bicloruro de mercurio al $1/_{000}$. Al cabo de veinte minutos, poco más ó menos, la compresión de una parte, y de otra la coagulación de la sangre por el sublimado, concluye con la hemorragia.

Inútil es advertir que el éxito de estas operaciones depende de la asepsia más rigurosa, y de no darlas por concluidas hasta que cese por completo el flujo de sangre.

La operación se termina haciendo una sutura profunda de los músculos temporales, y luego la de la piel. Cuando la tensión es pequeña no pongo apósito, sino que procuro que la sutura sea todo lo perfecta posible, y la cubro después con una capa espesa de un barniz iodoformado. Cuando el caso lo requiere, también paso un tubo para el desagüe, y entonces pongo apósito; pero reservo tanto el tubo como el apósito para las lecciones extensas ó ablación total del hemisferio.

Las mutilaciones del cerebro son tanto más graves y sus efectos más marcados, cuanto más elevada es la jerarquía del animal; y para una misma especie, con el desarrollo de las funciones superiores, ó, lo que es lo mismo, con la edad del individuo. Por esta razón, los perros y gatos jóvenes son singularmente aptos para resistirlas.

Lección LXXXII

Funciones del cerebro. (Continuación.)

Sumario: Funciones reflejas y automáticas del cerebro. — Relaciones entre la función del cerebro y su estructura: discusiones y juicio sobre dichas relaciones. — Relación cruzada entre el cerebro y los órganos. — Localizaciones cerebrales: concepto en que deben entenderse. — Esferas motora, sensitiva y psíquica. — Centros motores y sensitivos.

Le 12 **Funciones reflejas y automáticas del cerebro.** — Por los ganglios del istmo es el cerebro el asiento de los reflejos más complicados de la economía, y por su esfera cortical, el instrumento del verdadero automatismo, en el sentido de moverse á sí propio.

En los reflejos encefálicos hemos visto dos condiciones de superioridad, ó, si se quiere, de complejidad; estriba la primera en estar francas todas las vías sensoriales para el golpe de los excitantes; la segunda, en tener á mano los hilos de los movimientos ya organizados por los ganglios bulbo-medulares bajo la gerencia del cerebelo, que nunca, como en el supuesto que tratamos, merece su nombre de *cerebrillo* ó *cerebro pequeño*. De aquí las maravillosas adaptaciones de los movimientos que estudiamos en la lección LXXVI.

Mas por altas y sorprendentes que sean las reacciones que ofrecen los animales privados del cerebro, al fin son reflejas, y en su consecuencia dependen de las excitaciones actuales. Semeja el organismo, privado de voluntad, una balanza con dos platillos: por el uno (músculos) paga *al contado* el movimiento que recibe por el otro (aparato sensorial) bajo la forma de impresión: mas para que esta semejanza sea verosímil, conviene añadirle las correcciones prácticas de organización, herencia, hábito, etc.,

con sus derivados funcionales, de multiplicación, difusión, localización é inhibición de los impulsos nerviosos. Contando con las dichas correcciones, podemos disponer de los movimientos de un animal decapitado como si fuese un mecanismo de nuestra invención.

Un animal íntegro, tal y como plugo á Dios crearle, obedecerá ó no á nuestras solicitudes *según quiera*, dentro siempre de sus facultades y de sus resistencias. Y es que los impulsos nerviosos, al llegar al área somato-psíquica, de una parte se difunden, chocan, agitan, derivan y trabajan entre sí; de otra, entran en conflicto con los que se originan, no se sabe cómo, en la dicha esfera psíquica. Lo cierto es que un animal deja de ser *balanza*, que sólo se mueve cuando se la separa del fiel por influencia *externa y presente*, y se parece á un *autómata* que se determina por motivos actuales, por motivos pasados, y *porque quiere moverse*. Tan difícil es buscar la causa de ciertas determinaciones voluntarias en el hombre como seguir la revolución de una molécula de agua en el proceloso oleaje del Océano. Hay quien cree que sólo una diferencia de complicación separa á los reflejos de las determinaciones psíquicas. Para mí, entre los unos y las otras hay un abismo que la ciencia no puede franquear.

Relaciones entre la función del cerebro y su estructura. — Siendo el cerebro un compuesto, cuando menos, de tres clases de elementos ¹ con diversas trascendencias funcionales, resulta evidente que su peso y volumen no puede servirnos para establecer una relación directa con su función; y al decir función me refiero á las psíquicas, que son el objeto y fin de estas disquisiciones.

Mas la razón que precede, con destruir de un golpe muchas ilusiones, no es la única que puede oponerse. El golpe más certero contra la relación entre el cerebro y la inteligencia viene de

¹ Elementos somato-psíquicos de la capa cortical, células ganglionares y conductores. Esto sin contar con la neuroglia.

los experimentos de localización, que constituyen justamente nuestro orgullo: ellos han demostrado que la corteza del cerebro, plegada en circunvoluciones, se distribuye desigualmente para las diversas especies en regiones motoras, sensitivas y psíquicas, de donde la imposibilidad de establecer *à priori* ninguna afirmación concreta.

Siempre se ha conceptualado la cabeza humana digna fábrica de la superior capacidad intelectual del hombre, y, cualquiera que haya sido el criterio sobre la naturaleza de la *psique*, ha habido unanimidad en referir al encéfalo la condición orgánica indispensable para el ejercicio de las funciones racionales. No otra cosa significan las locuciones vulgares de *gran cabeza*, *buena cabeza*, *mucho seso*, etc., etc., como sinónimas de grande ó delicado entendimiento. La correspondencia de la estructura del cerebro y el producto de su actividad, recibió sanción científica desde que Gratiolet demostró que la superficie plegada del cerebro era toda una arquitectura sujeta á reglas fijas y sencillas. Bien pronto anatómicos y naturalistas compararon los cerebros de las diversas especies; y habida cuenta de las diferencias intelectuales que las separaban, se creyó encontrar una relación entre el peso, el volumen, la superficie y la forma de este órgano y la altura de las funciones animales. Á este primer intento siguió bien pronto otro: hallar la clave de la distribución de las diversas funciones por los territorios del encéfalo, ó sea la localización de las mismas; y, en fin, dado que el cráneo se amolda exactamente á la forma y volumen del cerebro, encontrar en las superficies y prominencias de aquél un plano topográfico de las funciones, indicador al mismo tiempo del desarrollo de cada una de ellas. Así nacieron la Frenología y la Craneoscopia.

En todos estos intentos ha habido una parte sana y fecunda: la relación que debe haber y hay entre el instrumento y sus funciones; pero ha existido y existe, para martirio de todos y desengaño de muchos, otra parte limitada y perniciosa: el exclusivismo en el criterio, que hace tomar por verdad completa los particulares de una verdad.

He aquí, en suma, las razones en que me fundo para negar toda relación matemática entre las dimensiones y conformación del cerebro y las funciones psíquicas:

- 1.ª El cerebro no es la *psique*, ni siquiera el lugar exclusivo de

su residencia, creer lo contrario; sería afirmar que el alma reside en el encéfalo y que los animales que no le tienen (anencéfalos) son incapaces de funciones psíquicas (instinto, memoria, etc.)

2.^a El cerebro es un compuesto de diversos elementos (generadores ó células ganglionares, y determinadores ó capa cortical), con papeles muy variados, y aun dentro de una misma clase los hay con funciones diversas, v. gr., motores y sensitivos.

3.^a La agrupación de los elementos constitutivos del cerebro obedece á motivos económicos. (Letamendi), y en ningún modo á un plan *geográfico* de localización. Por el contrario, la característica anatómica del cerebro es, que *todo comunica con todo*; y la *funcional*, que el acto más sencillo resulta de la cooperación de otros muchos.

4.^a Los elementos del cerebro son moléculas organizadas y responden en sus funciones á la forma de su intrínseca agrupación atómica; de donde se deduce que, á distinta agrupación, distinto producto, como de distinta fanerógama distinto fruto, aun siendo todas plantas y fanerógamas y todos frutos. En este punto, nosotros sólo percibimos lo exterior, que en cierto modo depende de la *estructura íntima*; pero ésta última la desconocemos.

5.^a Supuesta análoga constitución anatómica, las funciones serán relativas á la calidad, intensidad y frecuencia de las excitaciones cósmicas ó psíquicas que las soliciten. Sabido es de todos que un mecanismo cualquiera, una balanza ó un galvanómetro, v. gr., es tanto más *sensible* cuanto más inestable, y que en los aparatos orgánicos los ejercicios prestan mayor aptitud para repetirlos. Todo ello porque aumenta la inestabilidad y se facilita el metabolismo.

En razón de lo expuesto, se comprenderá fácilmente que el peso del cerebro, en tanto representa la suma de sus elementos, el volumen, porque da sus dimensiones, la superficie, por referirse á los elementos corticales ó *somato-psíquicos*, y las circunvoluciones, porque también dan idea de su densidad y del des-

arrollo relativo de las diversas partes, son datos que aislados poco ó nada valen, y si se les reintegra á todos los demás que nos presta el análisis anatómico y fisiológico, nos conducen muy cerca de la verdad. Digo muy cerca, y no á la verdad misma, porque, como dice, con gran sentido Martín Salazar, en los fenómenos de la organización supera lo que no se ve á lo que se percibe.

12 **Relación cruzada entre el cerebro y los órganos.**—

No obstante ser el cerebro unidad funcional, se ofrece como instrumento doble para la sensibilidad y el movimiento. El hombre posee dos ojos, dos oídos, dos brazos, etc., y cada uno de estos órganos está gobernado por un hemisferio cerebral; pero los dos hemisferios están ligados tan íntima y estrechamente cuanto es necesario para percibir un solo objeto, determinarse con una sola voluntad, entender con una sola inteligencia y afectarse como un solo individuo. La gerencia instrumental del cerebro es cruzada con relación al cuerpo, de suerte que el hemisferio izquierdo rige la sensibilidad y el movimiento de la mitad derecha, y á la inversa.

Para el movimiento el cruce es total y prematuro, porque, contra lo que se creía, comienza en el propio cerebro, y buena prueba de ello muestran las fibras motoras del lenguaje; para la sensibilidad el cruce también se inicia en el cerebro con las fibras ópticas, pero es incompleto, ó al menos dudoso, en lo que se refiere al olfato y al gusto.

El cerebro tampoco es simétrico en el rigor de este adjetivo, ni anatómica ni fisiológicamente considerado. Más tarde, cuando trate del lenguaje, observará el lector una de las más notables asimetrías.

12 **Localizaciones cerebrales.** — Maravillados los sabios del orden que preside á los pliegues ó circunvoluciones del cerebro, supusieron que á este plan anatómico debía corresponder otro fisiológico: de aquí las tendencias de la investigación á localizar las funciones del cerebro en distritos fijos de la corteza. Pero es

el caso que las circunvoluciones más bien parecen hechas para ganar superficie que no para establecer límites regionales, y además, no hay distrito alguno de donde no originen fibras motoras, se reciban sensitivas y se ejerciten funciones de todos los órdenes. Así, pues, por centro cerebral sensitivo ó motor debemos entender la región del cerebro más directamente ligada con tal grupo de movimiento ó cual aparato sensorial, ó de otro modo, las localizaciones tienen un valor meramente relativo, por mucha que sea su trascendencia práctica ¹.

Las funciones sensitivas y motoras son tan solidarias, que en la práctica es casi imposible deslindarlas; un acto motor, por sencillo que sea, requiere la determinación de la voluntad, el concierto sensorial que lo coordina, y un aparato centrifugo que expida la orden á los ganglios que han de cumplirla. Tampoco son posibles las sensaciones ni las percepciones sin el auxilio de los centros motores, unas veces por lo que contribuyen á la atención voluntaria (movimientos de atención), otras por acomodación del órgano sensorial para la mejor aprehensión del fenómeno (movimientos de acomodación), y otras por acciones emocionales de simpatía ó antipatía (movimientos de atracción ó repulsión).

Las investigaciones anatómicas han demostrado que, además de las regiones fronto-parietales ó motoras, producen fibras centrífugas las frontales anteriores, las occipitales y las temporales, que son asiento de los centros sensitivos, á juzgar por el resultado de la experimentación; y á la inversa, cilindros-ejes sensitivos van á terminarse en las regiones

¹ He aquí las conclusiones de Flourens, negativas de las localizaciones (*Système nerveux*, 1842):

«1.^a Se puede amputar, sea por delante, por detrás, por arriba ó por abajo, una porción bastante extensa de los lóbulos cerebrales, sin que sus funciones se extingan. Una porción reducida de dichos lóbulos basta, pues, para el ejercicio de sus funciones.

«2.^a A medida que la amputación avanza, todas las funciones se debilitan y se extinguen gradualmente; pasando de ciertos límites, todas se anulan. Los lóbulos cerebrales concurren, pues, en su conjunto al ejercicio pleno y entero de sus funciones.

«3.^a En fin, cuando una percepción se pierde, todas se pierden; cuando una facultad desaparece, todas desaparecen. No hay, pues, asientos diversos, ni para las diversas facultades, ni para las diversas percepciones. La facultad de percibir, juzgar ó querer una cosa, reside en el mismo sitio que la de percibir, juzgar ó querer otra; y en consecuencia, esta facultad, esencialmente una, reside esencialmente en un solo órgano.»

motoras de la cisura de Rolando. Esta difusión anatómica es la clave de la difusión fisiológica, y nos explica el por qué las excitaciones de determinadas esferas, la frontal, por ejemplo, produce movimientos sin que su destrucción vaya seguida de parálisis. También nos da cuenta de la equivalencia entre ciertas impresiones, las laberínticas, v. gr., y los movimientos de la cabeza y del globo ocular, y, en fin, de las acciones intencionales que se siguen á los estímulos de los diversos centros sensitivos.

Esferas motora, sensitiva y psíquica. — En todas las especies animales que gozan de cerebro plegado, los centros motores se agrupan y se apiñan, en la cara externa, hacia la unión del frontal con los parietales, ó sea alrededor de la cisura de Rolando en el hombre y el mono, y de la crucial en los carnívoros, mas una región correspondiente en la cara interna de los hemisferios. En un corto espacio se encuentran reunidos los centros que mueven á todos los músculos voluntarios; pero organizados de tal suerte, que uno solo de aquéllos basta á gobernar los numerosos músculos que actúan en un miembro ó región extensa. Puede decirse que la mecánica muscular reside taquígráfica en el cerebro, y un solo signo basta para expresar un movimiento complejo. Las regiones infracerebrales se encargan más tarde de traducir y coordinar los signos-órdenes de los centros.

La esfera sensitiva ocupa área más extensa, y se dilata por los lóbulos parietales, témporo-esfenoidales y occipitales; es decir, que los centros sensitivos, lejos de agruparse, se diseminan por la parte media, posterior é inferior del hemisferio. Los centros son dobles, uno para cada mitad del cuerpo, pero los de uno y otro lado se encuentran unidos por fibras comisurales, unión muy íntima en aquellos sentidos que, como el de la vista, funcionan sinérgicamente.

El instrumento de las funciones instintivas, intelectivas y volitivas se saca por exclusión. Dado un territorio cerebral cuya excitación no acusa movimientos ni su destrucción parálisis mo-

tora ó sensitiva, se dice que es asiento de las referidas funciones. Luego se corroboran los datos negativos con los positivos que arroja la Anatomía comparada sobre los cerebros de las diversas especies. Fácil es la critica de semejantes localizaciones,

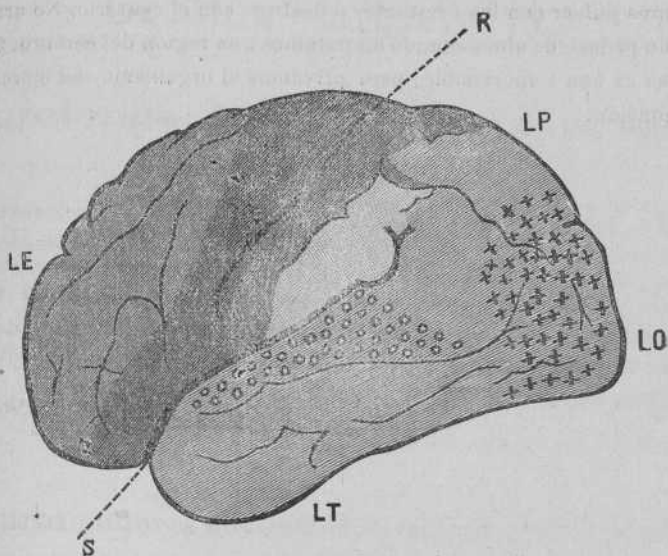


Figura 129.

Esquema de la cara externa del cerebro humano, mostrando la distribución de las tres áreas ¹.

pero la aplazo para lecciones futuras: por ahora me contraeré á señalar como regiones psíquicas los lóbulos frontales y orbitarios, en las partes que dejan libres los centros motores y sensitivos.

A todas las localizaciones de la corteza se les asigna un carácter psíquico, y de aquí los nombres de psico-motores y psico-sensitivos con que se

1 La faja más obscura sobre la cisura de Rolando, señala el área motora; la que le sigue en sombra por el lóbulo frontal, la psíquica; la gris, por los lóbulos parietal, occipital y temporal, es el área sensitiva; y la porción en gris claro, intermedia de las áreas motora y sensitiva, no tiene carácter definido por la experimentación: probablemente es motora-sensitiva. Los centros visuales van marcados por cruces, y los auditivos por círculos. R, cisura de Rolando; S, ídem de Silvio. Los lóbulos se hacen notar por sus letras iniciales.

distinguen los centros corticales. En tal concepto, se supone que, cuando excitamos dichos centros, sustituimos el alma por un excitante; y si los destruimos, privamos á la misma psique de una facultad. Ya he combatido estos errores, y si vuelvo á insistir sobre ellos, es para afirmar de nuevo que los pretendidos centros no son más que instrumentos orgánicos que podemos pulsar con los excitantes ó destruir con el cauterio. No arrancamos un pedazo de alma cuando amputamos una región del cerebro, porque el alma es una é indivisible; pero privamos al organismo del ejercicio de una función.

Leccción LXXXIII.

Funciones del cerebro (Centros motores.)

Sumario: Centros motores corticales: caracteres de los mismos. — Localización de los movimientos de los miembros abdominales. — Idem id. de los torácicos. — Idem id. de la cara, labios y lengua. — Parálisis corticales. Diferencias que ofrecen, según la especie del animal y la clase de músculos. — Clasificación de los músculos, según su grado de parálisis. — Explicación de estos fenómenos: hipótesis propuestas. — Juicio crítico sobre las parálisis corticales. — Alteraciones sensitivas en las parálisis motoras corticales.

Centros motores corticales. — Se especifican experimentalmente en el hombre, en el mono y en los carnívoros, centros para los movimientos de los miembros superiores é inferiores, para la cara, para la lengua, etc. Datos para estas localizaciones los suministran: en el hombre, las monoplejias y convulsiones parciales de origen cerebral; y en los animales, los efectos de la excitación y de la destrucción de las diversas regiones del hemisferio. Las primeras son más instructivas que los últimos, porque aun contando con las facilidades que á la Cirugía presta el método antiséptico, resulta difícil, cuando no imposible, limitar las lesiones á un solo centro, máxime cuando están muy densos y no hay límites anatómicos que los separen. Además, las parálisis motoras corticales, como más adelante diré, son tan vagas, que no merecen tal nombre en las especies inferiores.

Mas aun poniendo á contribución la experiencia que presta la Clínica y la aportada por las vivisecciones, no es posible hacer

más que una afirmación categórica para la Fisiología humana, á saber: los centros motores se alojan en la circunvolución frontal ascendente, comprendiendo las bases de las tres frontales paralelas, en la parietal ascendente y su prolongación hacia atrás sobre el borde superior del mismo lóbulo, y en la región correspondiente de la cara interna del hemisferio. Á esta afirmación puede seguir en segundo término la ordenación de los centros regionales; pero es preciso caminar con pies de plomo en las localizaciones parciales, pues las más de ellas son discutidas, hipotéticas ó provisionales, al menos en el hombre.

Á las dificultades que de suyo ofrecen estas cuestiones hay que añadir el *admirable desorden* con que se agrupan los centros motores: los de los miembros abdominales, en la cima de las dos circunvoluciones ascendentes; los de los miembros torácicos, inmediatamente por debajo; más abajo aún, los de la cara; y hacia adelante, en la región de Broca (base de la tercera circunvolución frontal que bordea la cisura de Silvio), los de la lengua y labios. En la cara interna de los hemisferios y hacia las regiones de la circunvolución marginal (frontal interna) se hallan también centros motores, los cuales, lejos de agruparse de arriba abajo, como en la cara externa, lo hacen ordenadamente de delante atrás; primero los de los miembros superiores, luego los del tronco, y, en fin, los de los miembros abdominales. Así resulta de los experimentos de Horsley y Schäfer en los monos ¹. (Véase la *figura 131*.)

Caracteres de los centros motores del cerebro. —

Dos condiciones es preciso que satisfagan los centros motores para merecer este nombre: producir movimientos en determinados músculos cuando se les excita, ó parálisis de los mismos si se les destruye. Á tener presente sólo la primera condición, caeríamos en el error de caracterizar de motoras otras regiones del cerebro que, como más tarde se verá, ocasionan movimientos por excitación y no parálisis por ablación.

¹ Horsley and Schäfer: *On the Functions of the Marginal Convolution* *Proceeding of the Royal Society*, núm. 231. Marzo, 1884 (Cita de Ferrier.)

Otro carácter muy interesante de los dichos centros depende de su categoría, y es la de producir siempre movimientos coordinados é intencionales, jamás contracciones de un solo músculo. Enhorabuena que á la excitación de un nervio se siga la contracción de un músculo, como si tirásemos de él á favor de un tendón ó hiriésemos una sola nota en el piano; mas á medida que los núcleos medulares, de donde originan los nervios motores, se organizan y se relacionan en las regiones más elevadas del eje, las contracciones van haciéndose complejas, adaptadas y coordinadas. Diríase que los centros motores de la corteza dan la orden; los núcleos ganglionares de los pedúnculos del cerebro, los tubérculos cuadrigeminos, el cerebelo con sus pedúnculos, la protuberancia y el bulbo, la coordinan; los núcleos de las astas anteriores de la médula, la cumplen; los nervios, la conducen; y los músculos, la ejecutan. Una orden breve y precisa de la voluntad se extiende, como sábana de agua, desde la substancia cortical hasta los elementos contráctiles, y aparece cumplida por multitud de músculos, cada uno de los cuales se contrae en el orden, intensidad y tiempo que le corresponde. Por tanto, siempre que pulsamos con un excitante los centros cerebrales, responde una legión de músculos con movimientos armónicos y organizados.

Localizaciones particulares de ciertos movimientos. A. — MIEMBROS INFERIORES. — Á juzgar por los experimentos de Fritsch é Hitzig ¹, por los de Ferrier ² y por lo que yo he podido observar en los carniceros, los centros motores del miembro abdominal se encuentran en el cuarto superior de la región excitable del hemisferio, por delante y detrás de la cisura de Rolando, sobre las cumbres de las circunvoluciones frontal y parietal ascendente. Esta región se prolonga con la parietal dentro del lóbulo del mismo nombre sobre el borde superior del hemisferio, y se derrama por la cara interna sobre el lóbulo paracentral, que, como es sabido, casi conviene en la misma cara con la dicha cisura de Rolando.

Ferrier ha logrado definir diversos movimientos de los miembros abdominales con sus experimentos en los monos macacos. Así, v. gr., en la

¹ Dubois-Reymonds: *Archiv.*, 1870.

² Ferrier: *The Functions of the Brain*. London, 1886.

cúspide de la parietal ascendente y su prolongación posterior sitúa los movimientos de avance del miembro en la acción de marchar; y en las

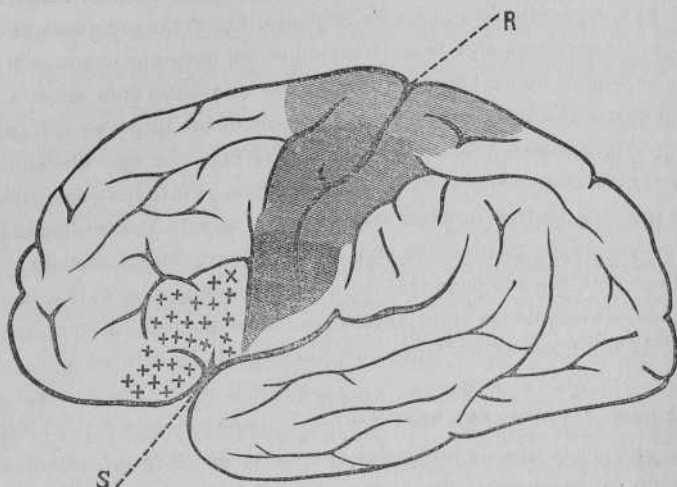


Figura 130.

Esquema de la cara externa del hemisferio izquierdo mostrando los centros motores ¹.

regiones homólogas de la frontal ascendente, los de flexión y adducción de la pierna, en la forma que lo hacen los monos cuando se rascan el vientre con las uñas de los pies. No tengo experiencias de estos movimientos, porque no he operado en los monos; pero concedo entero crédito a la de tan hábil fisiólogo ².

En este punto mis experimentos en los perros convienen con los de Ferrier y me permiten afirmar la producción de movimientos varios y coordinados del miembro posterior del lado opuesto, por excitación de las regiones supero-frontal y supero-parietal adyacentes á la cisura crucial. La excitación de la parte superior del labio anterior de la cisura crucial produce en los perros movimientos del miembro abdominal, que simulan la acción de rascarse. La excitación un poco por debajo de la anterior, origina movimientos de los miembros torácicos y abdominales del lado opuesto.

¹ *R*, cisura de Rolando; *S*, ídem de Silvio. Los centros para los miembros abdominales, torácicos, cara y lengua, van señalados respectivamente de arriba abajo por las diversas intensidades de la sombra. La región marcada con cruces corresponde al centro determinante del lenguaje (región de Broca).

² Consúltese la *figura 126*.

La experiencia clínica no es tampoco muy expresiva, y salvo para la localización del lenguaje, que más tarde estudiaremos, no suministra datos ciertos para las de los miembros ni para ninguna de las regiones que sucesivamente analizaremos. Convulsiones que empiezan por una región muscular é invaden luego á otras hasta ganar una gran parte del area motora: he aquí lo único que enseñan las convulsiones epileptiformes de Hughlings Jackson y los casos clínicos relatados por Hitzig ¹ y otros.

B. LOCALIZACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE LOS MIEMBROS SUPERIORES. — Los núcleos motores que corresponden al miembro torácico se encuentran, según los experimentos de Ferrier, en los monos, sobre las dos circunvoluciones ascendentes, por bajo de los

1 Hitzig (*Untersuchungen über das Gehirn*, pág. 115). Se trataba de un soldado francés herido de bala en el lado derecho de la cabeza. Al cabo de dos meses de la lesión, se manifestaron movimientos convulsivos en el lado izquierdo, en la lengua, cara, externo-mastoideo, músculos del ojo, de la respiración, etc. El enfermo sucumbió al sexto día de iniciadas las convulsiones, y la autopsia reveló la existencia de un absceso y de una intensa meningitis del hemisferio cerebral derecho. Además de esta historia, citada en casi todos los libros, he aquí un resumen de los casos enumerados en la excelente *Patología* de Hilton Fagge y Pye-Smith:

1.º Un acogido en el Hospital Guy había experimentado ataques convulsivos, localizados por lo general en el pie izquierdo, y alguna vez en el brazo del mismo lado, pero sin pérdida de la conciencia durante el ataque: en la autopsia se encontró un glioma pequenísimo sobre la parte posterior de la primera circunvolución frontal transversa.

2.º Un enfermo de Griesinger fué atacado de espasmos fugaces de la pierna derecha, y luego se le extendieron al brazo, á la cara y á la lengua, en el mismo lado: se le halló en la autopsia un quiste de círticercos sobre la parte superior del hemisferio izquierdo, y en tal situación, que su extremidad anterior (la del quiste) coincidía con una línea tirada verticalmente sobre la oreja.

3.º (Observación del Dr. Dreschfeld, de Manchester). El movimiento convulsivo comenzó por la mano y el brazo izquierdo, y fué acompañado de desviación de la comisura labial hacia el mismo lado: una lesión sifilítica se encontró localizada en la circunvolución parietal ascendente, y se extendía á las regiones vecinas de la circunvolución marginal, en la cara interna del hemisferio.

4.º (Observación de Wernher, Wirchow's, *Archiv.*, p. 289). A consecuencia de un traumatismo, fue atacado el paciente de convulsiones limitadas á ciertos músculos del lado derecho, especialmene en la cara (comisura, ala de la nariz, ojos y lengua). Después, en la autopsia, se halló fracturado el hueso temporal izquierdo y machucada la superficie del hemisferio, á los lados de la cisura de Silvio, hacia el final de la de Rolando.

5.º (Observación del Dr. Gowers, *Brit. Med. Journal*, 1874). Los espasmos se iniciaron por la comisura izquierda de la boca, y se extendieron luego á los músculos frontales. La lesión la constituía un coágulo sanguíneo situado sobre el ventrículo lateral derecho, justamente al lado interno del *gyrus fornicatus*.

del miembro abdominal, y en la parte anterior de la circunvolución frontal interna, á juzgar por las de Horsley y Schäfer, ya citados. En la cara externa del hemisferio, y sigo refiriéndome á los monos, los núcleos braquiales se extienden en mayor longitud sobre la parietal ascendente que sobre su congénere frontal, sin duda porque en la mitad inferior de esta última se alojan de preferencia los que rigen á los músculos de la cara, del cuello, del ojo, lengua, labios, etc.

Con mayor razón debe ocurrir lo mismo en el hombre, dada la inmensa importancia que adquieren los movimientos bucales y linguales en la expresión del pensamiento por medio del lenguaje y de la mimica.

En las regiones motoras braquiales, Ferrier ha distinguido varios núcleos de movimientos, y entre ellos son notables, por su extensión, los que corresponden á los movimientos de la mano y del dedo pulgar. Ciertamente que la mano del mono es, después de la del hombre, la más ágil que ofrecen los animales. Distingue también el hábil experimentador inglés un núcleo para la flexión y la supinación del miembro anterior situado sobre la frontal ascendente, entre el que rige los movimientos de la cola y el destinado á los del rostro.

En el perro he observado movimientos del miembro torácico excitando las regiones situadas inmediatamente por delante y por abajo de las que hacían mover el miembro posterior ó abdominal.

C. CENTROS PARA LOS MOVIMIENTOS DE LA CARA, DE LOS LABIOS Y DE LA LENGUA. — Ocupan en general el tercio inferior de las dos circunvoluciones ascendentes, si bien es mucho mayor su territorio sobre la frontal, pues de una parte alcanzan mayor altura que en su congénere, y de otra se extienden por la base de la tercera frontal paralela y por las riberas de la cisura de Silvio.

En el mono distingue Ferrier un centro para los movimientos de retracción y elevación de la comisura, sobre la frontal ascendente, en un punto inmediato inferior al foco de la flexión y supinación del antebrazo; otro por bajo del precedente para los elevadores del labio superior y del

ala de la nariz; y, en fin, otro para la abertura de la boca y propulsión de la lengua, en la extremidad inferior de la misma circunvolución.

Los experimentos de Horsley y Breevor arrojan un resultado algo diferente de los de Ferrier. Según aquéllos, existen tres centros secundarios para los movimientos de la cara: uno que rige á las mejillas y á las comisuras labiales, situado en la base de la segunda circunvolución frontal; otro en la parte anterior de la tercera frontal, para el cuello y laringe; y un tercero, en la parte inferior de la parietal ascendente, para los movimientos de oclusión de la boca y propulsión y retracción de la lengua. En los perros tengo experimentado que la excitación de la porción inferior del labio anterior, en la cisura crucial, produce contracción de los zigomáticos y parpadeo; inmediatamente por debajo, la excitación origina movimientos de los músculos masticadores y retracción de la lengua. Con las diferencias apuntadas y las que omito, para no involucrar más la cuestión, se justifican las dos afirmaciones que campean en el primer postulado: que las localizaciones motoras son ciertas, en general, para el territorio que rodea á la cisura de Rolando, y problemáticas, en particular, para los centros de determinados movimientos.

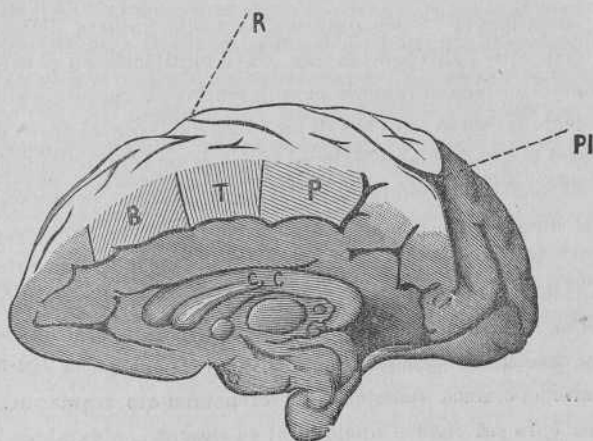


Figura 131.

Centros motores de la cara interna del cerebro del mono,
según los experimentos de Horsley y Schäfer. ¹

¹ *R*, cisura de Rolando; *PI*, perpendicular interna; *CC*, cuerpo calloso; *B*, área para los movimientos de los miembros superiores; *T*, ídem para los del tronco; *P*, ídem para los de los miembros inferiores.

Parálisis corticales.—Las parálisis que siguen á las lesiones patológicas ó experimentales de las regiones motoras que vengo estudiando, son tanto más intensas y señaladas cuanto mayor es la categoría del animal. Ya he dicho en la lección LXXVI que los anfibios, peces y aves se mueven con agilidad, y si se quiere con mas precisión, después de haber sufrido la ablación del cerebro. Los roedores y los carnívoros jóvenes se resienten mucho y aparecen desfallecidos y amiotónicos después de la misma mutilación.

Pero esto es sólo en los primeros días que siguen á la lesión y cuando ésta es total. Si la ablación es de un solo hemisferio ó se reduce á la región motora de uno de los lados, el animal se repone pronto, y una observación atenta y prolija apenas basta á descubrir en él la menor huella de parálisis.

Una perrita trepané en 1887 y la extirpé toda la región motora ó excitable del lado derecho. Observada en cuanto se repuso de la cloroformización, no ofreció parálisis completa del lado izquierdo, y aunque con trabajo, le era posible la marcha, sin otros defectos que someterse á las posturas en que se le colocaban los miembros afectados y una gran debilidad en ellos: un ligero empuje hacia el lado débil bastaba para que el animal cayese sobre él. Bien pronto curó de la herida, y más pronto de la pseudo-hemiplegia. Á los quince días nadie hubiera dicho, al verla correr y jugar, que había sufrido una grave mutilación en el cerebro. Fué preciso poner á prueba el ingenio para descubrir un resquicio sintomático que diese fe de la lesión: al cabo dí en educarla, y en el curso del aprendizaje mostró lo que había perdido en la esfera motora del lado izquierdo. Este animal llegó á dar con facilidad la pata derecha; pero vaciló mucho y no tardó menos en aprender á alargar la izquierda. Obligada á saltar por un aro, apurada por mil medios para usar aisladamente la pata izquierda, siempre se demostró lo mismo: *los movimientos exclusivamente voluntarios de los miembros izquierdos eran imposibles, hasta que por asociación con los derechos se hacían automáticos.* Esta misma perra sufrió un mes después una operación semejante en el hemisferio izquierdo: presentó durante su cura un cuadro análogo al ya descrito, y también se restableció completamente. Después, en otros muchos experimentos, he observado análogos fenómenos.

En el mono, aunque también incompleta, la parálisis es mucho más acentuada que en el perro. El miembro paralítico pende flácido y es arrastrado por el sano; pero aún son posibles ciertos movimientos asociados, la marcha, por ejemplo.

En el hombre, la hemiplegia por lesión cortical es mucho más intensa que en el mono, porque es el hombre, en punto á voluntad, el soberano de los animales; mas tampoco es absoluta la parálisis. Desde luego es nula en los músculos del ojo, en los masticadores y en los respiratorios; incompleta en los de la cara, cuello, piernas, etc., y sólo aparece total en ciertos músculos, v. gr., los del brazo, que pende inerte del hombro.

Tratándose de la parálisis por lesión cortical, conviene distinguir, en corroboración de lo expuesto, y como hace Broadbent¹, las tres siguientes clases de músculos:

- 1.^a Músculos que trabajan aislados: los del brazo y mano.
- 2.^a Músculos que trabajan unas veces solos y otras asociados á sus congéneres: los de la pierna, el externo-mastoideo, los inspiradores complementarios, etc.
- 3.^a Músculos que trabajan siempre asociados: los del ojo, los maséteros, los intercostales, etc.

Las parálisis son efectivas en los primeros, incompletas en los segundos y nulas en los terceros.

Para explicar los diversos grados de parálisis, según las clases de músculos, se han propuesto tres hipótesis:

1.^a Cada hemisferio cerebral produce dos clases de fibras: unas cruzadas, para los músculos del lado opuesto, y otras directas para los del mismo lado; ó lo que es igual, los músculos reciben dos grupos de fibras nerviosas, uno de cada hemisferio, y ordinariamente, la relación entre el cerebro y los músculos es cruzada; pero cuando por lesión de un lado las fibras cruzadas se pierden, entran á sustituirlas las directas. Esta explicación, idéntica á la que di sobre los centros de la visión, tiene en contra á la Anatomía, que no ha logrado demostrar semejantes fibras directas²; y además porque, de ser cierta, la parálisis sería definitiva en las lesiones bilaterales, y ya he citado un caso de doble extirpación de la región motora en el perro, sin parálisis completa de miembro alguno,

2.^a Es una secuela de la anterior, y expresa que el cruzamiento de las fibras motoras es incompleto; de esta suerte no habría tampoco hemiplegia efectiva. También tiene en contra de sí esta hipótesis á la Anatomía, que ha demostrado el total cruce á diversas alturas de los conductores centrífugos; y si estas razones anatómicas no fueran convincentes, aún

¹ Citado por Gowers: *Diagnosis of Disease of the Brain*. London, 1887.

² Sin embargo, modernamente se habla del descruzamiento de las fibras de los manojos piramidales. Véase la lección LXXV.

tiene en su daño los hechos clínicos y experimentales, que muestran hemiplegias efectivas por lesiones de la cápsula interna y de los pedúnculos cerebrales.

3.^a Los centros medulares que ejecutan y coordinan los movimientos ordenados por el cerebro están ligados dinámicamente por fibras comisurantes transversales, y puede difundirse la excitación recibida por los de un lado á los del otro, y viceversa. Esta hipótesis siempre me pareció aceptable, porque tenía en su pro la sanción anatómica de las fibras comisurales transversas; hoy me lo parece mucho más, porque las investigaciones histológicas de Cajal y otros han puesto fuera de duda las relaciones entre los núcleos motores de entrambos lados de la médula.

Supuestas las relaciones protoplasmáticas de las diversas células de los ganglios, y de éstos entre sí, por los cilindros-ejes y por sus colaterales, resulta obvio que la organización de los movimientos pende exclusivamente de la conducción de los impulsos, ó si se quiere, de las resistencias que encuentran á derivarse en unas direcciones, y á las facilidades que ofrecen otras. Si todo el sistema nervioso fuera tan susceptible é inestable como, v. gr., un reguero de pólvora, el menor chispazo venido del cerebro haría saltar en convulsiones generales al individuo. Si, por el contrario, la estabilidad del sistema fuera excesiva, los impulsos cerebrales se agotarían contra las resistencias, sin dar lugar á la menor moción. Es indudable que entre estos extremos se encuentra la verdad, y no es otra, que los impulsos se derivan por sendas preestablecidas por herencia, ó trilladas en fuerza del hábito.

Cuando un individuo adulto quiere andar, envía una corriente nerviosa desde su cerebro á los ganglios inferiores, proporcionada en calidad y dirección al logro de sus deseos, y distinta de la que produce cuando quiere sacar la lengua, mover un brazo ó levantar una pierna. Quiere decir, que no es toda coordinación infracerebral, sino que desde luego las órdenes son adecuadas al acto que se ordena.

Resumiendo: en los casos de un movimiento aislado, la orden es unilateral; y cuando es asociado con su análogo, es bilateral. Lógico es suponer, en armonía con lo que vengo sustentando, que las relaciones simétricas entre los núcleos motores de la médula son tanto más estrechas cuanto más solidarias sean las tareas de los músculos de uno y otro lado; y por ende, cuando la inervación directa falte en cualquiera de ellos, podrá establecerse fácilmente un camino comisural. Esto sucede con los núcleos motores del ojo, con los masticadores y con los de la pierna. Invítese á un

hemiplégico cerebral á que levante la pierna paralizada: no podrá. Dígasele después que levante las dos: en seguida lo ejecutará con el lado sano; pero el paralítico sigue un tanto la elevación de su homólogo.

Alteraciones sensitivas en las parálisis motoras-corticales. —

Ferrier no ha podido jamás observar defectos sensoriales en los monos que sufrían de parálisis por lesión motora-cortical. Yo, á mi vez, en los perros y gatos jamás he visto alterarse la sensibilidad general ni especial en las mutilaciones de la región motora ¹. Sin embargo, los autores alemanes, y algunos ingleses, defienden la afirmativa: «Á la vez que la incitación motora voluntaria—dicen,— se pierde la facultad de apreciar la situación de los músculos; en una palabra, el sentido muscular.»

Raro sentido es este que se sirve por corrientes centrífugas—dije yo la primera vez que estudié los fundamentos de la hipótesis.— En efecto: los sentidos son aparatos de impresión que se asoman al mundo para transformar el movimiento de los excitantes en impulsos nerviosos, y éstos, al llegar al otro extremo del sistema (área somato-psíquica), mueven á la conciencia y dan lugar á la sensación. Un sentido que origine en dicha área, no me lo explicaba. Pero después, meditando sobre los argumentos que se exponían, vine á darme cuenta de lo que significa este sentido muscular.

He aquí cómo lo entiendo. El ejercicio motor deja en nosotros dos residuos que impresionan nuestra conciencia: uno reflejo y virtual, *el esfuerzo de la orden*, ó sea la determinación y coordinación voluntaria de la misma; y otro directo, las impresiones que aportan al sensorio las papilas sensibles impresionadas por la ejecución del movimiento, v. gr., el roce de la piel, el deslizamiento de los tendones, el frote de las superficies articulares, la presión por el cambio de forma del músculo, etc., etc. Gracias á esta doble sensación, nosotros podemos experimentar la fatiga sin mover un músculo; sentir que doblamos un dedo en la acción de disparar una pistola, sin que el dedo se doble; fingirnos el peso de un objeto que vamos á cargar cuando calculamos su carga, etc., etc. Mas como los dos residuos sensoriales son distintos, podemos y sabemos distinguir la posibilidad de la acción, de su cumplimiento: más claro; por el primer residuo, que no es sino un resto de experiencias anteriores, requerimos nuestra potencia y sabemos

1 Si se les aplica una ligadura elástica á uno de los miembros afectados, el animal siente la molestia y pretende quitársela. Sólo tolera la ligadura cuando no está muy apretada.

á lo que alcanzan nuestras fuerzas; por el segundo, nos enteramos de la acción en todos sus momentos.

Cierto que esta distinción no se justifica en la historia de la ataxia; porque los atáxicos, conserven ó no la sensibilidad cutánea, desconocen la situación de sus miembros y la contracción de sus músculos, á pesar de la integridad del cerebro; pero esto prueba únicamente que el residuo de experiencia motora no basta á sustituir el sentido muscular.

Por lo que hace á los experimentos, los míos son negativos á la cuestión que examino; lo cual nada tiene de particular, porque he operado en gatos y perros que no saben expresar sus sensaciones. En los primeros días que siguen á la operación, los animales han tolerado los miembros en posiciones viciosas; pero repuestos, vivos y despiertos, nunca he observado síntoma que denuncie falta de sensibilidad. Un perro que había sufrido la ablación de los centros motores y que saltaba y corría como los sanos, quería salir un día de una alacena en donde lo tenía encerrado. Con los miembros anteriores sobre el dintel, que tendría poco más de medio metro de alto, intentaba saltar, apoyándose en el miembro ileso; *pero no sabía qué hacerse con el otro*, y vacilaba. Al fin, saltó incitado por mis requecimientos, y ¡cosa notable! no volvió á vacilar más, y saltó con limpieza en lo sucesivo. Este hecho no significa, á mi juicio, pérdida del sentido muscular, sino abolición de los movimientos de pura espontaneidad.

En consecuencia: siempre que á las parálisis corticales acompañen anestias, de cualquier grado que sean, puede afirmarse que la lesión rebasa las márgenes de la cisura de Rolando.

Por lo que hace al residuo sensitivo, que deja la atenta aplicación de la voluntad, ya volveremos sobre él cuando estudie la atención.

Lección LXXXIV

Funciones del cerebro.

(Estudio y localización del lenguaje.)

Sumario: Formas de expresión en la serie animal: emanativa, representativa, insinuante y emocional.—Síntesis de los medios de expresión.—Localizaciones cerebrales.—Localizaciones del lenguaje.—Lenguaje: elementos que le componen.—Análisis de los elementos del lenguaje.—Centro determinante del lenguaje.—Región de Broca.

Formas de expresión en la serie animal. — Los animales se relacionan entre sí, y con el hombre, mediante actos materiales que, sean ó no producto de un estado psicológico, producen efecto psíquico en el individuo que los apercibe. La condición indispensable para que un acto cause el efecto psíquico consiguiente en el individuo receptor, es que éste sea capaz de padecer el estado que el acto significa. Por esta razón de capacidad puede un perro recibir los actos que expresen cólera, dolor, agradecimiento ó satisfacción en su dueño, y, sin embargo, no puede participar de su emoción artística ni de sus ideas.

El estado psicológico, por simple que sea, siempre resulta interno, y como tal quedaría para siempre sin producir efectos de relación, si el hombre y los animales no tuvieran medios para revelarlos al exterior; esta revelación siempre es un fenómeno corpóreo. Á la inversa, son órganos corpóreos los que reciben las impresiones de los actos expresivos y no obstante sus efectos psíquicos. Letamendi, á quien debo las ideas que acabo de expo-

ner, ha estudiado este asunto en su *Patología general* por modo tan concluyente, que la única tarea que resta á sus sucesores es la de poblar los horizontes que él dejó marcados para siempre en cuadro incomparable. Cuatro son las formas de relación interpsíquica que describe el insigne maestro ¹:

1.^a *La emanativa*, por medio de exhalaciones orgánicas. Ejemplo: el tufo que emana de las hembras de los mamíferos durante el celo, por cuanto causa estado psíquico, erótico, en el macho que lo percibe.

2.^a *La representativa*, por virtualidad de la forma anatómica. Para este medio de relación no es indispensable que el actor se modifique en congruencia con el estado de su ánimo. Así, v. gr., un águila, por la virtualidad de su forma y sin que ella ponga nada de su parte, induce los efectos psíquicos de terror (amilanamiento) en las aves de corral. Á mayor abundamiento, cuando la forma anatómica es la expresión de un estado psíquico, que por su permanencia *ha cristalizado en la dicha forma*, produce efectos también psíquicos en el paciente. Valgan de ejemplos la repulsión que experimentamos por un tipo abyecto, y la atracción por un hombre sano de corazón y de cuerpo, que lleva retratada la paz en su semblante.

3.^a *La insinuante* (lenguaje natural de los autores), por la acción espontánea del gesto, del tono, de los gritos, etc.

4.^a *La determinante* (lenguaje convencional de los autores), por la consignación reflexiva de ideas definidas y concretas.

Síntesis de los medios de expresión. — Juzgando por la extensa esfera que abarcan los medios de expresión, desde la forma plástica hasta la palabra, se ocurre pensar que la organización es un libro abierto: *la cuestión es saberlo leer*.

No podía ser menos. Todo lo que en el hombre hay de fenome-

1 Letamendi: *Patología general*, tomo II, páginas 680 y siguientes.

nal y de corpóreo es función atómica de las moléculas que lo constituyen como individualidad, y, por tanto, á esta altura considerado el problema, tanto vale la forma anatómica (expresión plástica) como el carácter que encierra (función). Más claro: si un músculo tiene apariencias de tal, es porque goza del carácter contráctil; y de igual modo, si un hombre tiene (no que nos parezca) cara de bueno, debe encerrar un carácter bondadoso. Nuestros errores en este punto dependen, no de que esté mal escrito el carácter, sino de que no sabemos descifrarlo.

Por eso es insigne error, como dice Letamendi, buscar los signos del carácter en un solo rasgo ó en una región limitada, la cabeza, por ejemplo. El carácter se revela en el esqueleto, y en los músculos, y en las vísceras, y en los vasos, y en los nervios, y en todas partes; y por esta universalidad de los medios de expresión, pueden considerarse tales la forma anatómica, la vascularización, los movimientos, y, en fin, la palabra. La última, por ser la más asequible á la voluntad, es la más dada á engañarnos; por eso tenía razón, hasta cierta parte, aquel escéptico diplomático que decía: «la palabra ha sido dada al hombre para ocultar su pensamiento.»

Localizaciones cerebrales de los medios de expresión. — Correlativamente á la generalización de los medios expresivos por *todo* el cuerpo, surge la extensión de los instrumentos por *todo* el cerebro. No hay, en efecto, corriente centrífuga que parta del cerebro, sin que á la postre no resulte expresiva, ya se derive á los músculos voluntarios (gestos, lenguaje), ó á los viscerales (corazón, vasos, intestino, etc.) ¹.

Es posible, y la ciencia lo ha logrado, localizar los actos que corresponden á una esfera de expresión, el lenguaje, v. gr., pero

¹ Véase la página 380: «Del corazón como órgano de expresión de los afectos.»

es imposible hacer otro tanto con todos los medios expresivos; y la prueba es bien clara: un afásico ha perdido la facultad de expresarse por la palabra; pero mientras se conserve inteligente, voluntario y afectivo, podrá comunicar el estado de su ánimo por los demás medios.

Localización del lenguaje. — Parece extraño que, siendo el lenguaje un acto complejísimo, se anote en singular su localización; y, en efecto, como pronto diré, la pretendida localización no es sino el punto de convergencia de multitud de impulsos que llegan de muy diversas regiones. Tal opinión la justifica la Clínica, con el sindromen variadísimo que ofrecen las alteraciones de la palabra.

Mas no es posible discurrir con provecho en estas cuestiones, si no me pongo de acuerdo con los lectores acerca de los factores del lenguaje.

Lenguaje. — Es la expresión por medio de sonidos articulados (palabra), ó por signos convencionales (lenguaje con los dedos), ó por signos escritos (escritura), de lo que hay más excelente en la psique humana, de la idea. Mas al propio tiempo que las ideas se expresan por símbolos abstractos, se exteriorizan con el gesto, con los movimientos, con los gritos interjeccionales y con las onomatopeyas, los afectos, las emociones y los demás efectos del ánimo del actor.

El lenguaje, que es hijo del pensamiento, dice Kussmaul, genera á su vez pensamientos, comprende *razonamiento* y *palabra* y es prerrogativa del hombre. Un dón del Cielo, añadiría yo.

Elementos del lenguaje. — Para hablar, lo primero que hacen falta son ideas, así como para entender lo hablado es preciso ser inteligente.

El idiota no habla porque no tiene ideas que expresar; y en

cuanto á los loros, hablan sin ideas, y por tanto, sus palabras están vacías ¹.

Lo segundo es recordar la imagen fonética para expresar las ideas: pueden tenerse éstas y no expresarse por falta de término adecuado. Una variedad de este segundo elemento es la imagen gráfica para expresar la idea por escrito.

Lo tercero es el poder producir los movimientos apropiados para la emisión y articulación de la palabra con los músculos glóticos y supraglóticos, y los necesarios para escribir en el lenguaje escrito.

Un afásico, un alálico ² ó un afónico piensan correctamente y poseen los signos adecuados para la expresión, pero son incapaces de manifestarla por el lenguaje oral ó escrito.

Análisis de los elementos del lenguaje. — En este punto, los únicos guías fieles son la auto-observación y auto-experimentación por la conciencia. Cuando yo hablo, la determinación para el discurso parte de mi propia voluntad, ya por motivos puramente internos, ya por satisfacer solicitudes externas. En todo caso, cuando quiero hablar es porque tengo algo que decir, y este *algo* es una idea, un deseo, un afecto, ó la revelación de un fenómeno sensible que me impresiona. Presta la idea que me mueve á hablar, es preciso hallar la palabra que la exprese, y este hallazgo se verifica por el recuerdo de la frase adecuada.

¿Por qué recuerdo yo la palabra? Porque la *he oído* de otros significando la misma idea, ó porque la *he visto*, escrita, y luego, por la facultad de adaptar la imagen escrita á la imagen fonética, puedo reproducirla con más ó menos exactitud ³.

1 Dice Letamendi con mucha gracia que los loros hacen con el lenguaje lo contrario que con los garbanzos: de éstos arrojan la cáscara y comen la carne; de aquél usan la envoltura (palabra) y tiran el contenido (idea).

2 *Alalia* se dice de los defectos en la articulación de las palabras por lesión en los núcleos motores del bulbo. Afonía es la falta de voz, porque no vibran las cuerdas vocales.

3 Las invenciones de términos no son más que resurrecciones de otros

Cuando yo pronuncio, v. gr., la palabra Aristóteles, una de dos: la he oído de alguien para nombrar al filósofo griego, ó la he leído en caracteres latinos. Si no conociera el alfabeto griego, sería inútil que yo viera escrito el nombre de Aristóteles, porque no pasaría de saber que aquellos signos valían por palabras. Sé el alfabeto griego, y puedo trasladar á la pronunciación castellana el valor fonético de cada una de sus letras: entonces puedo articular la palabra Aristóteles; pero no sé si la pronunciaré bien, porque no la he oído de labios de ningún heleno.

Los ciegos de nacimiento no pueden aumentar su caudal de palabras más que por el oído, á menos que se les eduque y aprendan á leer con caracteres de relieve: en este caso, el tacto suple á la vista.

Los sordo-mudos no pueden adquirir el lenguaje por la principal vía de aprehensión, ni son aptos para expresarse con sonidos articulados. En ellos la vista vale para todo, y son susceptibles de educación y de cultura mediante el lenguaje escrito.

Resumiendo; en la génesis del lenguaje intervienen la inteligencia, la voluntad, las sensaciones del oído, de la vista y del tacto, el sentido muscular y el poder motor, con todos sus derivados de coordinación, conducción y contracción muscular. Esto sin contar que las ideas son la espuma de las sensaciones, y que para formarse se ponen á contribución todos los sentidos.

El lenguaje hablado ó escrito faltará ó sufrirá por lesión ó aberración de cualquiera de sus agentes, á saber:

- 1.º Por falta absoluta de ideas, en el idiota.
- 2.º Por aberración voluntaria. Los locos que se niegan á hablar.
- 3.º Por olvido de la palabra hablada ó escrita (amnesia verbal ó gráfica).
- 4.º Por abolición congénita del sentido de la vista. Privación del lenguaje escrito de los ciegos á quienes no se educa.
- 5.º Por abolición congénita del oído en los sordo-mudos. Estos individuos, mientras no se educan, sólo poseen el lenguaje insinuante.
- 6.º Por lesiones de los centros visuales ó de sus comunicaciones con el

ya en desuso, ó la combinación de elementos en una palabra compuesta, ó la significación que se concede á un vocablo. El origen de las palabras no puede ser más simple; sólo que en fuerza de limarlas y componerlas el uso, aparecen tan desfiguradas, que para devolverlas á su pristina forma se necesita un estudio prolijo.

del lenguaje (región de Broca). Á esta clase pertenecen la *ceguera verbal* de Kussmaul y la *alexia* (imposibilidad de leer).

7.º Por lesiones que hieran los centros auditivos (especialmente el izquierdo) ó sus fibras de conexión con el centro de Broca, *sordera y amnesia verbal*.

8.º Por lesiones del centro de Broca ó de las fibras centrifugas que le conectan en los núcleos motores de la mano (*agrafia*) ó con los de la articulación de la palabra, *afasia pura ó afasia motora*.

9.º Por lesiones del bulbo ó de la protuberancia, que imposibilitan ó alteran los movimientos de articulación, *alalias*.

Centro determinante del lenguaje. — Aunque es cierta la plural localización de los elementos del lenguaje, no lo es menos que la lesión de la región de Broca en el hemisferio izquierdo produce la afasia ¹, ó sea la pérdida total ó parcial del lenguaje. Este hecho sorprendente, que inmortalizó el nombre del antropólogo francés, produce en el ánimo una doble perplejidad. ¿Por qué un centro para el lenguaje, cuando esta facultad resume funciones tan diversas? ¿Por qué se acoge al hemisferio izquierdo, cuando las funciones todas, ó son solidarias para los dos lados, ó son simétricas?

He aquí las soluciones que da la ciencia para una y otra cuestión:

Á la primera. La región de Broca es el centro de donde parte la incitación motora para la expresión reflexiva en sus tres formas, hablada, escrita ó insinuante. Á esta región convergen todos los impulsos intelectivos y sensoriales: los primeros con el contenido del lenguaje, los segundos con sus imágenes de expresión, y de ella arrancan las órdenes de movimiento que han de ejecutarse por los ganglios de la médula. Es, pues, el centro de Broca un instrumento motor puesto á las órdenes de la voluntad para la revelación del pensamiento.

Á la segunda. El hombre, por hábito secular, usa de la mitad

¹ *Afasia*, del griego *αφασία*, *αφ*, *ἄ*, mudez.

derecha del cuerpo con preferencia á la izquierda, especialmente en los movimientos precisos del miembro torácico, y este hábito, transmitido por herencia y reforzado por la educación del mismo individuo, acaba por convertirle en diestro de la mano y zurdo del cerebro. En su consecuencia, la supremacía de la región de Broca en el hemisferio izquierdo depende del uso de la mitad derecha del cuerpo para los movimientos del lenguaje. La misma región en el hemisferio derecho parece relacionada con los movimientos insinuantes del rostro, de la cabeza y de los miembros, porque los dichos movimientos son por lo general sinérgicos para los dos lados.

Región de Broca. — Como he dicho al describir las circunvoluciones, el centro determinante del lenguaje se encuentra situado en la cara aterna del hemisferio, sobre la parte posterior de la tercera circunvolución frontal en su unión con las acendentes, y bordea la rama anterior de la cisura de Silvio. En esta situación, el centro de Broca tiene contiguos á los motores de los labios y de la lengua, muy próximos á los de la cara y miembros superiores, y no muy distantes, los sensitivos del oído (parte posterior de la primera circunvolución temporal) y los de la visión (pliegue curvo). Además, se encuentra el centro del lenguaje frontero al cuerpo estriado, que, como veremos más adelante, es un núcleo ganglionar motor.

Á este centro convergen fibras que llegan de las esferas cerebrales, en donde los elementos del lenguaje engendran impulsos nerviosos, y de allí parten las incitaciones motoras, que luego se transmiten por los cuerpos estriados y cápsula internas á los ganglios del bulbo y del puente de Varolio. De este centro parten también, según opinión hoy corriente en la ciencia, fibras que, á través del cuerpo calloso, van á conectarse con el del lado derecho y con la cápsula interna correspondiente ¹.

1 Estas fibras cruzadas explican, á juicio de Gowers, la mayor grave-

Para sintetizar las pruebas anatómicas que complementan la localización del lenguaje en la región de Broca, extracto á continuación las conclusiones de la magnífica monografía de Hervé:

1.^a La circunvolución de Broca se prolonga sobre el lóbulo orbitario. *(Este hecho había sido ya notado por Gall.)*

2.^a La circunvolución no aparece sino á partir de los antropoides, al mismo tiempo que la rama horizontal anterior de Silvio, y se forma por desdoblamiento del segundo piso frontal.

3.^a Dicha circunvolución constituye en los antropoides y en el hombre una cuarta circunvolución frontal. La segunda frontal de los autores clásicos comprende en realidad dos circunvoluciones.

4.^a El desenvolvimiento de la circunvolución de Broca en el feto es un trasunto del de la serie. La circunvolución del lado derecho es más precoz. *(Sin duda porque el lenguaje en el niño comienza por ser insinuante.)*

5.^a Casi siempre, en los idiotas, en los imbeciles, en los sordo-mudos y las razas inferiores, el centro en cuestión se encuentra atrofiado ó rudimentario.

6.^a En los individuos de inteligencia superior, la complejidad morfológica del centro de Broca es, en general, correlativa á la potencia de su función.

Tales son las conclusiones de Hervé. Unidas á las que suministran las investigaciones clínicas, hacen de esta cuestión una de las que mejor conocemos en la Fisiología del cerebro.

dad, para el ejercicio del lenguaje, de las lesiones que hieren la substancia blanca por bajo de la corteza, comparadas con las que se limitan á ésta. Las primeras, no sólo interceptarian las fibras directas, sino también las cruzadas, y producirían afasias completas.

Lección LXXXV.

Funciones del cerebro. (Localizaciones sensitivas y funciones psíquicas.)

Sumario: Centros sensitivos de la corteza: Caracteres de los mismos.— Funciones psíquicas. — Del cerebro como instrumento del alma. — Las funciones del cerebro, en cuanto instrumento de la psique, corresponden á la Fisiología. — Pruebas de la función del cerebro. — Localización de las funciones psíquicas. — Solidaridad de las funciones psíquicas.

Centros sensitivos de la corteza. — Por centro sensitivo debe entenderse la parte del sistema cortical que se encuentra entre los últimos conductores de la impresión y la psique. La impresión tiene lugar, como repetidamente llevo dicho, en las células sensoriales: el aparato colector, por donde se conducen y trabajan los impulsos que se originaron en la impresión, comprende los órganos nerviosos intermedios hasta la corteza del cerebro. Este aparato, más ó menos complicado, según los sentidos, no rebasa los límites del cerebro en algunos de ellos, v. gr., el del olfato y el de la vista, y en otros, como el del tacto, se extiende por todo el eje encéfalo-medular.

Los mal llamados centros sensitivos, nombre impropio, pues, como tengo manifestado, más que centros son extremos del sistema nervioso, se encuentran en las capas corticales del cerebro, y reciben de una parte los impulsos que les llegan por los nervios centrípetos, y funcionan de otra como instrumentos psíquicos.

DR. PEREZ ARAPES

12-31

20 85 19

N

En el primer supuesto, los centros sensitivos son superficies en donde se pintan las imágenes sensibles de los objetos presentes por el lado anímico ó subjetivo, es decir, *retinas que miran hacia dentro*; y en el segundo, depósitos en donde se almacenan en estado latente los residuos de las imágenes pasadas, prontas á revivir por modo virtual, ya en forma de recuerdo (memoria sensitiva), ya en forma de imaginación. En este último concepto, los centros sensitivos pueden revelar las imágenes que llevan latentes, ora por mandato de la voluntad, ora por excitaciones (fisiológicas ó páticas) del propio cerebro: así se explican las alucinaciones, el delirio y los ensueños.

Caracteres de los centros sensitivos del cerebro. —

Las investigaciones experimentales sobre los centros sensitivos del cerebro han revelado los dos caracteres que les distinguen:

1.º Su excitación ocasiona movimientos acomodaticios y congruentes con los que habitualmente produce la impresión. Así, por ejemplo, si excitamos las regiones visuales, las pupilas se contraen, los párpados se cierran, y los ojos y la cabeza se mueven hacia el lado opuesto; movimientos todos que simulan la acción de esquivar una luz muy viva. La excitación del centro del oído produce enderezamiento de las orejas, inclinación de la cabeza hacia el lado contrario y dilatación de las pupilas; en suma, la acción de atender un ruido que impresiona con energía. En los demás sentidos, los movimientos son relativos á sus funciones.

Estos movimientos de reacción sensorial no pueden considerarse reflejos, sino derivaciones de los impulsos sensoriales hacia la esfera motora. Pronto veremos que todas las operaciones cerebrales, aun las más elevadas, dejan tras sí residuos motores.

2.º Las lesiones de los centros sensitivos producen anestias ó parálisis, en relación, por su grado y calidad, á la intensidad del daño y á la región afectada. Gracias á este carácter, podemos

diagnosticar con bastante rigor la extensión y el lugar de las lesiones del cerebro que hieren las regiones sensoriales.

Funciones psíquicas. El cerebro es un instrumento del alma. — El cerebro no segrega el pensamiento como el hígado la bilis ¹, pero es la condición indispensable para su ejercicio. Cuando el cerebro perece, todas las sensaciones y todas las mociones voluntarias perecen; cuando el cerebro sufre, la sensibilidad se anula, pervierte ó exalta, la motilidad pierde la acción ó el freno, la emoción se desequilibra, la ideación se trastorna y la memoria se nubla; pero todo ello no significa más que el trastorno del mecanismo nervioso al servicio de la psique. Un ejemplo aclarará la cuestión. Figúrese el lector tras de un aparato *telefotográfico* tan perfeccionado, que en él se pintasen con fidelidad todas las imágenes de los objetos sensibles y quedasen allí latentes en disposición de revelarse cuando y como dispusiera el observador. Suponga al mismo tiempo una serie de resortes al alcance de su mano, y que cada uno de ellos respondiese con movimiento congruente á la acción que desee. Mediante este imaginado artificio, el afortunado lector estaría en doble comunicación centrípeta y centrífuga con la región á que el aparato correspondiese por la estación opuesta, y mientras éste se mantuviese fiel, todo marcharía á maravilla. Pero póngase en el supuesto de que las imágenes se pintasen trocadas, y que cuando en la estación de partida se enfocase un sombrero y un bastón, se proyectase en la receptora una corona y un cetro (ilusión); ó, sin objeto alguno en la primera, la segunda mostrase una figura espantosa (alucinación), ó que la superficie sensible revelase siempre una sola imagen (idea fija), ó que cuando el actor quisiese mover la rueda A no obedeciese el mecanismo (parálisis), ó no supiese que la acción se ejecutó (anestesia), ó resultase la acción distinta de la propuesta (ataxia), etc., etc.

1 Moleschott.

Bien sé que el ejemplo no puede adaptarse justamente á la realidad, porque en el supuesto, con sólo retirarse el observador del aparato, evitaría los errores y defectos que éste pudiera tener; pero no encuentro otro más aparente para enseñar el cerebro como instrumento del alma. La unión del cuerpo con el alma es tan íntima, que sólo la muerte puede romperla, y por esta intimidad, las funciones superiores han de acondicionarse á las de su instrumento, pues este es el único eficaz é indispensable intermedio para el comercio entre la psique y el mundo.

El imbecil que carece de ideas, se encuentra en el caso del ciego de nacimiento con relación á la luz y á los colores; el que carece de memoria (amnésico) es como si su cerebro fuera una placa fotográfica velada, que ninguna imagen revela; el paralítico es como si careciese de piernas y quisiera andar; el melancólico ó el hipocondríaco están en el caso de habérseles enturbiado todos los sentidos y héchoseles transparente el cerebro para las sensaciones internas ó viscerales; el demente tiene perdido el juicio, ó sea la inspección, que vigila y decide del estado de todos los mecánicos. Un demente se diferencia de un ciego en que éste último sabe que no ve y que no puede juzgar de los colores; pero el demente no se ve las alas y cree volar, no contempla sino miserias y se cree poderoso, vive en el estado más abyecto y se considera feliz.

La función del cerebro, en cuanto instrumento de la psique, corresponde á la Fisiología. — Esta proposición, de puro evidente no ha menester comentario, pero si un recuento del caudal de hechos que la ciencia atesora acerca de las funciones del cerebro.

El cerebro funciona, como todas las moléculas organizadas, cambiando de materia y conservando la forma; en tanto cambian de materia, las células nerviosas transforman su propia substancia en compuesto más sencillo y producen energías (calor é impulsos nerviosos); por cuanto mantienen la forma, son susceptibles de verificar y reproducir los actos que adquirieron por mecanismo hereditario (acciones instintivas) ó por educación (acciones habituales).

Una sola diferencia de grado separa las funciones del sistema nervioso de las de los demás tejidos: la mayor inestabilidad en la estructura del primero. No hay en la industria, tan rica hoy en substancias químicas explosivas, una que se parezca á la nerviosa. Las hay que explotan con el choque, otras por el calor, otras por la luz, otras por reacción química, etc.; pero ninguna llega al sistema nervioso, que explota por la luz, por el calor, por el sonido, por el contacto, por el olor, por el gusto, por los venenos, por las acciones químicas menos enérgicas; etc., etc. Hay más: los explosivos industriales se descomponen totalmente y esparcen sus elementos por los cuatro vientos; pero los explosivos nerviosos sólo se destruyen en parte, y lo que queda, no sólo es capaz de reintegrar lo perdido, sino de reintegrarlo con nueva estructura. Esta nueva estructura tiene como tipo la forma específica, y como diferencial la modificación que indujo el acto realizado. Es decir, que si desde el punto de vista de la nutrición un individuo sigue siendo el mismo, á pesar de cambiar de átomos como de epidermis, desde el fisiológico, un cerebro que ha realizado un acto nuevo sigue siendo el mismo, pero goza de una aptitud nueva para repetir el dicho acto; y como en la arquitectura cerebral todos los fenómenos son solidarios, resultará, en último análisis, que un hombre, con una experiencia más, continúa idéntico, pero funcionará en adelante de modo distinto en lo que al orden de la experiencia se refiere. ¡Cuántas veces se dice irreflexivamente: «si me volviese á hallar en la condición X, no haría lo que entonces hice!» ¡Qué había de hacerlo, si ya no funciona como antes! Y, sin embargo, es idéntico el sujeto, como él mismo lo demuestra usando la primera persona en pretérito y en presente.

Pruebas de la función del cerebro. — He aquí sumariamente expuestas las que posee la Fisiología:

1.^a Las funciones del cerebro aumentan la temperatura del órgano y de la sangre, *consumen* oxígeno y producen ácido carbónico. Broca, Schiff y después Mosso, han demostrado el recalentamiento del cerebro á causa de su ejercicio sensorial ó motor: el segundo de los autores citados hasta llegó á comprobar el aumento local de la temperatura en las regiones correspondientes á la función excitada.*

2.^a Las funciones del cerebro, por cuanto exageran el metabolismo de los elementos nerviosos, ocasionan un aumento de

substancias excrementicias. Dichas substancias se eliminan por el hígado y los riñones en forma de lecitina, urea, etc., y principalmente de sulfatos y fosfatos, según las investigaciones de Medel.

No es preciso recurrir al análisis para convencerse de que esto es exacto, porque todos los que á trabajos literarios se dedican, saben el gasto de energías, ó sea de materia, que aquéllos ocasionan. Las funciones psíquicas son las más preciosas, pero las más caras, y de ello tengo experiencia, por lo que á la eliminación de fosfatos se refiere. En varios experimentos que he realizado en mí y en algunos alumnos, siempre resultó un aumento de fosfatos en la orina, como consecuencia de un mayor ejercicio cerebral. Beaunis es autor de un trabajo, tan completo como recomendable, acerca de este punto ¹, y de él se deduce, entre otros extremos, que la cantidad de ácido fosfórico eliminado era mucho mayor durante la vigilia que en las horas de sueño.

3.^a El ejercicio de las funciones animales desarrolla el cerebro ², no sólo en su totalidad, sino parcialmente en las regiones á quienes corresponde la mayor actividad; y, por el contrario, se atrofia en su generalidad ó en sus parcialidades cuando las funciones remiten, degeneran ó son nulas. En este punto el cerebro se comporta como un músculo ó viscera cualquiera; sólo que la cubierta rígida y tupida de los sesos impide tomar nota puntual de los cambios en el desarrollo, y éstos, por otra parte, como se refieren á los delicadísimos elementos nerviosos, no pueden apreciarse macroscópicamente. Por esta causa suele darse un cerebro privilegiado bajo un cráneo más bien pequeño que grande, y la recíproca.

4.^a La función del cerebro está subordinada directamente á su nutrición, é indirectamente á la integridad de las demás partes

1 Beaunis: obr. cit. t. II, pág. 167.

2 Ramón y Cajal estima el desarrollo del cerebro por un aumento de ramas protoplasmáticas y de colaterales en los corpúsculos nerviosos de la esfera cortical. De esta suerte, cuanto más superiores las funciones, más íntimas y solidarias, como llevo dicho en varias ocasiones.

del organismo. *Mens sana in corpore sano*; cuando el cuerpo sufre, sus padecimientos trascienden al cerebro de dos maneras: por las alteraciones que inducen en la composición de la sangre, y por las irritaciones que aportan al cerebro los nervios sensitivos de las regiones afectas.

Localización de las funciones psíquicas. — Gall, que en punto á inventiva no dejó que desear, localizaba las funciones intelectuales en los lóbulos frontales del cerebro. Esta localización se avenía bien con las tradiciones vulgares, que dan como signo de superior inteligencia una frente ancha y despejada.

La Anatomía comparada apoya en lo fundamental esta localización, porque de todos los animales es el hombre el más pródigamente dotado de circunvoluciones frontales: compárense los cerebros del perro, del mono y del hombre, y se verá como acaba mezquinamente en punta la parte frontal de los dos primeros, y qué desarrollo el del lóbulo frontal humano.

La Antropología también parece confirmar con sus investigaciones la dicha localización, y demuestra que el desarrollo frontal en las diversas razas corre parejas con sus respectivas alturas intelectuales. En fin, si algo le faltaba al establecimiento de las funciones intelectivas en los lóbulos frontales, vino á concedérselo la experimentación fisiológica; porque, como el lector habrá podido notar en el curso de estas lecciones, por exclusión resulta afirmada la localización de referencia. En efecto: la región frontal anterior, que no es motora, porque sus lesiones no producen parálisis, ni sensitiva, porque tampoco sufre la sensibilidad por su destrucción, debe ser psíquica.

Sin embargo de todas esas pruebas de indicio, es lo cierto que las funciones psíquicas no pueden localizarse en los frontales, por la sencilla razón de no ser localizables, y no son localizables por la íntima relación que las une en un todo funcional.

Solidaridad de las funciones psíquicas. — Hase visto

cómo los conductores centrípetos y centrífugos van á terminarse en las regiones motoras y sensitivas de la corteza cerebral; cómo la excitación de los centros sensitivos producía movimientos intencionales, y la destrucción de los motores parálisis que semejaban falta del sentido muscular, y cómo se difundían y se borraban los límites de las diversas áreas sensoriales. Todo esto, con ser mucho en pro de la solidaridad de las funciones del cerebro, no es más que un aspecto de la cuestión. Contemplada ésta del lado subjetivo, aparece aún más clara.

Las sensaciones requieren, para su eficaz ejercicio: de una parte, la aplicación conveniente del aparato sensorial; y de otra, la atención voluntaria. La primera significa acomodación del aparato; v. gr.: para ver distintamente un objeto, se necesita dosificar la cantidad de luz que entra en el ojo, y rechazar los rayos marginales (contracción del iris); acomodar el ojo á la distancia del objeto, para que su foco caiga en la retina (contracción del músculo ciliar); mover los ojos y la cabeza en la dirección conveniente, para recorrer toda la extensión del objeto y para que su imagen se pinte en la mácula; en una palabra, *la acomodación es un concierto motor*.

Lección LXXXVI.

Funciones del cerebro.

(Atención y emoción.)

Sumario: Atención.—Asiento de la atención.—Emoción: su mecanismo.—Apetitos.—Papel del gran simpático en las emociones y apetitos.—Esquema de la emoción.—Localización de los afectos.

Atención.—Es la aplicación voluntaria del entendimiento á la aprehensión de los objetos, y requiere para su ejercicio una serie de actos motores, como son, por ejemplo, la quietud del tórax, la fijeza de la mirada, la inclinación de la cabeza hacia el lado del objeto, etc., etc. En suma, los sentidos han menester del movimiento para su mejor aplicación.

El pensamiento, como dice Letamendi, tiene un lado subjetivo, la forma del pensar; y un lado objetivo, el contenido ú objeto del pensamiento. Pero el contenido del pensamiento entra por los sentidos y llega en forma de imágenes sensibles de los objetos materiales.

Con los residuos de estas imágenes se forman las ideas, y por sencillas que éstas sean no son jamás producto de una sola sensación, como ya tengo explicado.

Ahora bien: no poseemos más que una facultad para juzgar de las ideas, el juicio, y éste se funda en la comparación de dos términos, para hallar semejanza ó diferencia. Por el primer camino toman los genios que encuentran analogías donde todos ven diferencias, y engendran con su potente juicio esas her-

mosas síntesis que son orgullo de la humanidad. Por el camino de las diferencias echan los experimentadores que buscan la última con sus análisis, y son los obreros que pueblan de hechos el edificio levantado por el genio.

Mas para enjuiciar se necesita fijar bien los términos de comparación, y esto no se logra sin la atención. Por esto vemos que, cuando se piensa, aunque sea en los cálculos más abstrusos y teóricos, y los ojos se cierran para no distraerse con las imágenes actuales, la pupila está fija ¹, estático el cuerpo, y las ideas reviven por *un esfuerzo* de atención, para pasarlas revista, ya en sus imágenes virtuales (imaginación), ya en sus imágenes simbólicas, ó sea en las palabras ó en los signos que las representan. Y en lo que se refiere al ejercicio de la memoria, ¡cuántas veces los estudiantes recitan en alta voz sus lecciones para fijarlas mejor! ¡Qué ejercicio el del que tiene empeño en recordar lo que ha olvidado!

También es otro ejemplo fehaciente de influencia motora lo que en mí he observado. Yo he tenido, y conservo aún, memoria bastante fiel para los hechos; pero jamás me queda la imagen de la palabra que simboliza el nombre del autor, del lugar ó la fecha, y lo atribuyo á que desde pequeño leo mentalmente, sin recitar las palabras del texto; es decir, que no grabo en mi mente las imágenes con el martilleo motor del lenguaje, y si las ideas me quedan es por su asociación metódica.

En definitiva: la atención es una potencia de la voluntad, que se apoya en el movimiento ², y cuyo ejercicio es necesario para el mejor éxito de los sentidos, del entendimiento, de la memoria y del juicio.

¹ Lo propio ocurre en los animales. Obsérvese un perro cuando atiende, un gato cuando acecha ó un loro cuando habla, y se verá contraerse la pupila.

² Ya me he hecho cargo en otra ocasión de la conjetura de Cajal sobre la contracción de las células de neuroglia, la cual podría aprovecharse para explicar el ejercicio de la atención. Véase la pág. 690.

Asiento de la atención.— Al mismo Hughling Jackson, instituidor de la teoría sobre las centros motores de la corteza, no le satisficieron éstos para explicar las funciones psíquicas, y buscó otros de mayor categoría para el asiento de las operaciones mentales. Este hecho es de gran enseñanza para no confundir los centros corticales, que son instrumentos de la voluntad, con esta potencia del alma.

No; en los lóbulos frontales no se localiza la inteligencia; lo que reside es el instrumento de la atención. Es inútil buscar, con el patólogo inglés, un lugar para el alma; pero es útil y fecundo encontrar un asiento para el mecanismo motor de la atención; porque, como llevo dicho, mediante el ejercicio de esta función se saca el mayor provecho de los sentidos y del entendimiento. Pruebas de indicio de que la atención reside como mecanismo motor en los lóbulos frontales, son las siguientes:

Primera. De las regiones frontales originan las fibras centrí-fugas que constituyen el manojo psíquico, las cuales van á excitar en la protuberancia movimientos coordinados. Estos movimientos pudieran muy bien ser los de atención.

Segunda. La excitación de la región frontal anterior en los monos produce, según Ferrier, movimientos que dirigen la cabeza y la mirada en la dirección opuesta, y dilatan ¹ la pupila. Esta acción compleja simula la de atender; é indudablemente eso significa, puesto que la destrucción de la misma región no produce parálisis motora alguna.

Tercera. El desarrollo de la inteligencia es relativo al de la atención, puesto que, naciendo todos ignorantes, nos diferenciamos después por el caudal de conocimientos que atesoramos y por la delicadeza en el juicio; pero jamás adquiriríamos una experiencia exacta por los sentidos, ni fallaríamos ciertamente un

¹ En los animales, cuando atienden, he observado contracción de la pupila, é inmediatamente después dilatación. Ferrier se fija en esta última acción.

juicio si no aplicásemos la atención; por donde se demuestra que el ejercicio de esta facultad debe hacer progresar, no sólo el órgano donde reside (lóbulos frontales), sino también las facultades intelectivas. Por esta razón el desarrollo frontal es paralelo al de la inteligencia.

Cuarta. El ejercicio de la atención ocasiona un gasto extraordinario de energía. Después de prestarla mucho tiempo á la contemplación de un objeto ó á la resolución de un problema, nos sentimos cansados, como si hubiéramos cumplido una penosa tarea manual ¹. Los ojos son los órganos que primero se resienten de la fatiga, aunque no hayan sido los más directamente empleados en el estudio, y es porque la atención trasciende sobre el globo ocular más que sobre ningún otro aparato, por ser la vista el sentido que más enseñanzas proporciona.

No son aprovechados todos los movimientos que la atención produce; por el contrario, es uno de los mecanismos más dispendiosos. Obsérvese á una persona enfrascada en una lectura interesante, ó cavilando una jugada de ajedrez, ó calculando un problema, y se verá que, además de los movimientos apropiados á la operación, realiza otros incongruentes y sin objeto, v. g., mover las piernas, contraer la cara, silbar, pronunciar palabras automáticamente y sin sentido, etc., etc. En estos casos la incitación motora, despertada por la atención, es tan poderosa, que trasciende á los centros motores y produce esas reacciones involuntarias.

De otra parte, la repetición de unos mismos actos por los propios músculos en un carácter atento, ó lo que es lo mismo, en una voluntad enérgica, acaba por dejar huellas indelebles en la estructura. Estas huellas son las reveladoras del carácter.

Emoción. — Es la reacción motora atractiva ó repulsiva que nos producen las sensaciones, según que convengan ó no con nuestra naturaleza (simpatía ó antipatía). Esta reacción motora

¹ Otra prueba de la fatiga que nos produce el ejercicio de la atención, es la necesidad de estímulos que siente el individuo atento para proseguir en su tarea. Quién se rasca la cabeza ó la frente (excitación del trigémino), quién se frota los ojos, quién toma café, aspira polvo de tabaco, fuma, etc.

lo mismo nace de las sensaciones que nos procuran los objetos externos, como de las que se engendran por impulsos orgánicos ó internos; en el primer caso surgen los efectos, en el segundo los apetitos; pero unos y otros no son más que variedades de la emoción.

El hombre, no sólo se asoma al mundo exterior por los sentidos externos, sino que se siente á sí mismo y se reconoce como positivo sujeto á favor de la conciencia. Dice Letamendi á este propósito que los animales, señaladamente los superiores, ofrecen, además de las dos formas de trabajo *interno* y trabajo *externo* que todo sér vivo ó inerte puede ejercitar, una tercera forma, que llama trabajo íntimo ó de *ensimismamiento*, el cual se realiza con evidente dispendio de energías cerebrales.

Las sensaciones que procuran los sentidos externos, nos producen un doble efecto: de un lado, la aprehensión del objeto; de otro, atracción ó repulsión por él. Valga un ejemplo: percibimos por el sentido de la vista un retrato, y su contemplación nos lo da á conocer como imagen; pero el retrato es de una persona querida, y entonces nos sentimos emocionados, nos recrea su contemplación, le miramos de cerca y de lejos y revelamos de mil modos el efecto que nos produce.

El ejemplo propuesto revela claramente que la emoción es un fenómeno psíquico; pero nos engañaríamos si juzgásemos que todo el proceso se realizaba en el cerebro. Pongamos el caso de dos sujetos, enfermo y enfermero respectivamente, en una habitación oscura, porque el primero padece de la vista. Si se abren las ventanas y se deja libremente á la luz penetrar en la estancia, el doliente prorrumpirá en gritos de dolor por la impresión antipática que la luz produce en sus ojos lastimados, mientras que el enfermero sentirá simpatía por la luz, para él bienhechora, en cuanto se lo permitan sus sentimientos caritativos por su lacerado cliente.

La impresión simpática ó antipática puede herir al aparato sensorial ó al cerebro, pero la emoción siempre corresponde á la esfera psíquica. Para impresionarse por la esfera sensorial, no se necesita más que capacidad sensible; pero para emocionarse por motivos morales, se necesita cierta cultura ó delicadeza moral. Un patán y un pintor son capaces de sentir horror por la luz (fotofobia) cuando padecen de la vista; pero el primero es incapaz de sentir la emoción artística que el segundo experimentara por la contemplación de un cuadro de Velázquez.

En definitiva: en los afectos que nos procuran las sensaciones

externas hay que distinguir las impresiones que se originan en los aparatos sensoriales, por cuanto son partes de nuestro organismo¹, de las que directamente proceden de la sensación de los objetos. Estas últimas guardan relación con la susceptibilidad moral y la educación del sujeto.

Apetitos.—Con este nombre designaban los antiguos fisiólogos lo que modernamente se conoce como sensaciones orgánicas, y se refieren á los movimientos de atracción ó repulsión que tienen lugar á consecuencia de las impresiones que desde todos los órganos (cerebro inclusive) llegan al sensorio.

Todas las sensaciones de este grupo son tan oscuras como insinuantes. Aún no sabemos definir la sensación del hambre, ni la de la sed, ni la genésica; y, sin embargo, nos llevan á la rastra desde que nacemos hasta que morimos, siempre en lucha con ellas la voluntad, para que la bestia, que todo hombre lleva dentro de sí, se contenga en los límites que reclama el superior destino humano.

Pero siquiera del hambre, de la sed y del apetito genésico sabemos su localización y referimos al estómago la primera, á las fauces la segunda, y á los genitales el tercero; sabemos que se satisfacen respectivamente con los alimentos, con el agua y con la consumación del acto carnal; pero todo lo ignoramos, si no es los efectos de bienestar ó malestar, con relación á las impresiones que nos aportan las demás vísceras. El vulgo se halla tan perdido en estas definiciones como la ciencia, porque al cabo sólo puede conocer de las sensaciones internas el individuo que las padece, y al padecerlas veladas, oscuras, sin localización y sin carácter, carece él y priva á la ciencia de un mejor conocimiento de ellas.

En el estado patológico son aun más interesantes las impresiones que

¹ *Cosmostesis* llama Letamendi á las sensaciones que nos proporcionan los objetos exteriores, y *somatosesis* á las noticias del propio organismo.

envían las vísceras al sensorio, pues dan la clave de las neurosis y de las vesanias. En efecto, como ya he dado á entender en lo que llevo expuesto, y como gallardamente expone Letamendi, la conciencia se perturba, no sólo por las sensaciones externas, sino también y muy principalmente por las internas. Estas últimas entran por mucho en el coeficiente fisiológico de la conciencia y determinan esos vicios de carácter que, mientras no rebasan ciertos límites, se traducen por *rarezas, volubilidad, tristeza, amargura*, etc.; pero cuando se gradúan, producen esa peste afflictiva para los humanos que empieza en la neuroastenia, sigue por la histeria y remata en la locura. Todas estas enfermedades implican un aporte de impresiones viscerales al cerebro, formidable en cantidad y perverso en calidad.

El enfermo se siente mal, sin saber lo que le pasa, y emplea toda su fuerza voluntaria en *desimpresionarse* y en vencer las solicitudes absurdas que le ocurren, ó las sensaciones anormales que le afectan. Entáblase entonces una lucha entre las sensaciones internas, que claman, sin revelarse como tales, y la voluntad soberana, que tiende á inhibirlas y anularlas; y claro está: la contienda será tanto más favorable para la voluntad, cuanto más potente sea, mejor educada esté, ó menores las impresiones de los órganos. ¡Desgraciado de aquel á quien, por flaqueza de voluntad ó por irritación patológica, las vísceras se le impongan, porque entonces su vida será un desconcierto para él y una tribulación constante para su familia! Las mujeres tienen el triste privilegio de padecer la histeria con deplorable frecuencia, precisamente porque unen, á una voluntad flaca y medianamente educada, vísceras turbulentas y avasalladoras, la matriz con los ovarios.

Papel del gran simpático en las emociones y apetitos. — Las sensaciones internas se sirven del simpático y de la médula, tanto en la dirección centripeta, para conducir los impulsos al sensorio, como en la centrífuga, para descargar en los músculos estriados ó viscerales los residuos motores de la impresión.

Nunca recibió nervio alguno nombre más adecuado que el simpático; porque, en efecto, gracias á él, las excitaciones de los órganos trascienden á los demás y al sensorio, multiplicándose de esta suerte los efectos. *Simpatias* (*sentar, con*) llamaban los médicos antiguos á los síntomas que se producían en órganos distintos de aquel en donde la excitación se engend-

dra. Ahora bien: no debe jamás perderse de vista que el gran simpático no es un sistema aparte, como pretendía Bichat, sino una derivación del eje espinal.

Las manifestaciones de los apetitos que engendran las sensaciones internas se descargan por todos los nervios motores sin distinción: pero aquí se ostenta también el poder inhibitorio de la voluntad. En las personas contenidas, de esmerada educación y gran poder voluntario, los residuos motores de las sensaciones, tanto internas como externas, se descargan en la esfera visceral, y por eso en ellas son más graves las pasiones; al contrario, en los niños y en las personas que no tienen para qué disimular las emociones, se descargan completamente por todos los músculos, en movimientos expresivos (risa, llanto, saltos, gritos, etc.), y el individuo queda desahogado y tranquilo después del acceso pasional.

La voluntad, no me cansaré de repetirlo, iluminada por los destellos del Cielo y fortalecida en una superior cultura, transforma; eleva, idealiza y convierte las pasiones en coronas para el hombre; y de este modo, los apetitos de la bestia, que no se mueve sino por hambre ó por celo, se subliman en los santos, que aman por amor y sin que sombra de interés empañe la pureza del afecto. Este amor es el que expresaba San Francisco Javier en el soneto, de todos conocido, que empieza así:

«No me mueve, mi Dios, para quererte
El Cielo que me tienes prometido.....»

Esquema de la emoción.—Por todo lo que antecede, me juzgo con derecho á proponer el siguiente esquema (figura 132),



Figura 132.

Esquema de la emoción.

que permite abarcar de una ojeada todo el proceso. Los centros van señalados de arriba abajo por el orden de sus categorías, y,

por tanto, se inhiben en la misma dirección. El área somato-cós-mica la fraccio en dos semiáreas, una señalada con la letra *S*, que representa á todos los aparatos de la sensibilidad especial, y otra con la *V*, que vale por toda la sensibilidad general. Los nervios vagos son el símbolo de todos los nervios que unen directamente el eje con las vísceras.

Localización de los afectos. — Siendo las emociones un mero residuo ó derivado motor de las sensaciones, no pueden tener una localización fija, sino que deben extenderse por todas las regiones del cerebro. Pudiera decirse que, por carecer *de cuerpo* las emociones, no tienen localización posible, pues están representadas por los elementos de conexión entre los centros sensitivos y los motores. En prueba de ello, si destruimos en un animal los centros ópticos, de hecho queda privado de todas las emociones que pudiera recibir por la vista, y lo mismo sucede para los demás sentidos. Pero aunque le priváramos de toda la esfera sensitiva, aún quedaría capaz de expresar, por movimientos, las emociones capitalizadas en su *consensus*; es decir, que las emociones giran sobre dos puntos de apoyo, las sensaciones y los movimientos, y á ellas puede aplicarse la definición genérica que da Letamendi de la reacción viva: «Es la acción y efecto de convertir las impresiones simpáticas ó antipáticas en movimientos atractivos ó repulsivos.» De donde la emoción comprende las tres áreas del cerebro, sensitiva, motora y psíquica.

Ferrier en un principio localizó las sensaciones orgánicas en los lóbulos occipitales del cerebro, fundándose en que los monos á quienes se amputaban dichos lóbulos perdían el apetito. Este hecho es cierto, y mis alumnos recordarán que ha sido preciso alimentar con la sonda á los perros ciegos por doble lesión occipital. Sin embargo, no me juzgo con derecho á localizar la sensación del hambre en los lóbulos occipitales. De la parte que corresponde al cerebelo en las emociones, ya me ocupé en la lección LXX.

Lección LXXXVII.

Sueño fisiológico.

Sumario: Sueño fisiológico. — Conciliación del sueño. — Estado de las funciones durante el sueño. — Ensueños. — Pesadillas. — Tránsito á la vigilia. — Hipótesis para explicar el mecanismo del sueño. — Juicio crítico.

Sueño fisiológico. — Es un fenómeno natural y necesario para la vida. Durante el sueño se *vive menos*, remiten las funciones vegetativas, se suspenden casi por completo las relaciones sensoriales, se debilita hasta anularse el poder de la voluntad, se nubla la conciencia, se rebaja la solidaridad de los actos psíquicos, se entorpece el juicio y se oscurece la inteligencia. La imaginación y la memoria son las dos facultades que más resisten á la acción enervadora del sueño.

El sueño tiene por causa y fin la necesidad de reparar¹ las energías perdidas durante la vigilia, y esta reparación será tanto más urgente cuanto mayor trabajo hayan realizado los tejidos: por este motivo el nervioso y el muscular se resienten más pronto de la falta de sueño.

El genio griego nos legó en su Mitología una definición completa del sueño. Hela aquí: el Sueño es hijo de Erebo² y de la Noche, hermano de la Muerte y habitante en una gruta á orillas del río del Olvido; tiene por

¹ Esta reparación supone un cambio atómico con sus dos fases de asimilación para reponer lo *gastado* y de desasimilación para descargarse los órganos de los productos excrementicios. Tanto la falta de asimilación (inedia) como el exceso de productos reducidos (fatiga) predisponen al sueño.

² Erebo, á su vez, es hijo de Caos y de la Noche.

ministro á Morfeo y por símbolo una adormidera. En esta fábula se comprenden todos los caracteres del sueño, pues, en efecto, se parece á la muerte tanto, que se llama á ésta sueño eterno; el hombre y los animales duermen de noche, cuando con la falta del astro del día se enturbian las relaciones sensoriales y todo convida al reposo, como que parece que la Naturaleza también reposa; con el sueño, en fin, se olvidan los sucesos de la vigilia. ¡Qué sería de los desgraciados si no pudieran aislarse de sus desdichas ocho ó más horas cada día!

En el sueño hemos de estudiar: 1.º, su conciliación, ó sea el acto de dormirse el sujeto; 2.º, el estado de las funciones mientras se duerme; 3.º, el transito á la vigilia; y 4.º, las hipótesis que se han propuesto para explicar su mecanismo.

Conciliación del sueño. — Se duerme porque se quiere; pero contra toda voluntad, el sueño se impone como una necesidad á todos los hombres. Éstos, que pueden atraerlo y proporcionárselo cuando lo desean, no pueden substraerse á su influjo y se rinden á él, pese á todos sus esfuerzos por evitarlo.

De ordinario en la conciliación del sueño influyen la voluntad y la necesidad: el hombre duerme porque tiene sueño y quiere dormir. Estudiemos, pues, la necesidad de dormir y la parte activa que toma el sujeto para atraer el sueño.

La necesidad de dormir se acusa por cansancio y torpeza de los músculos, ensimismamiento, obscuridad de la inteligencia y turbación de los sentidos. El sujeto se siente incapaz de ejercicio é instintivamente adopta la postura más cómoda, los párpados se le cierran, la cabeza se le cae hacia adelante por cansancio de los músculos que la sostienen, la mandíbula también se cae y la boca se entreabre; á todo esto se encuentra como ensimismado, no atiende, ó le cuesta mucho trabajo atender; las impresiones sensoriales alcanzan torpemente á la inteligencia, y ésta, desligada por la falta de atención de todo cuanto ocurre en el exterior, ó no funciona, ó vaga al azar por las ideas más distantes de la situación.

Valga de ejemplo el caso frecuente en que luchamos con el sueño, queriendo prestar atención á la lectura dada en alta voz por otra persona. Por mucha que sea nuestra voluntad en escuchar, llega un momento en que oímos la voz del lector sin entender lo que lee, luego se cierran los párpados, más tarde ni la voz se oye, hasta que al dar una cabezada, haciendo un supremo esfuerzo de voluntad, logramos atender de nuevo para caer otra vez dormidos. Si en esta situación queremos disimular nuestra flaqueza, nos aferramos á la última palabra oída y la repetimos fielmente, para demostrar al lector que atendíamos su lectura.

Mas de ordinario, en las personas adultas y bien arregladas, las cosas no llegan á este extremo, sino que, cuando es la hora de recogerse, el soñoliento se acuesta y procura dormir. Al efecto adopta la postura más favorable á la relajación de los músculos (de ordinario, el decúbito lateral con la cabeza y los miembros en semiflexión), cierra los párpados para substraerse á la influencia de la luz, y se aísla, mediante la voluntad, de cuanto le rodea. El sueño se inicia precisamente por la interrupción de las relaciones sensoriales, sigue por el recogimiento de la voluntad, que deja de influir sobre los músculos, y se completa cuando el individuo pierde la conciencia de su situación.

El aislamiento del mundo exterior no puede ser obra exclusiva de los sentidos, pues ni las impresiones se suprimen por completo, ni los aparatos pueden incomunicarse con el mundo exterior. Sólo el de la visión puede incomunicarse cerrando los párpados, cuando la luz es muy débil; pero ni el oído, ni el olfato, ni el gusto, ni el tacto, dejan de impresionarse por sus respectivos excitantes. La incomunicación es obra de la voluntad, que inhibe la atención, y contribuye á ella la fatiga de los aparatos nerviosos sensoriales. De aquí que nos tome el sueño, tanto porque nos aislamos del exterior, como por el cansancio que experimentamos con una impresión monótona.

El silencio convida tanto como el ruido, la ausencia de olores como un olor siempre igual, la obscuridad como una luz que agota nuestra impre-

sionabilidad retiniana, la falta de contacto como una impresión táctil, suave y sostenida. Muchos individuos necesitan de la luz para dormirse; otros se duermen con el tic-tac de un reloj, con el ruido de una cascada ó la trepidación de un tren en marcha; los niños se duermen al compás de los cantos monótonos, con el vaivén de la cuna ó con las leves caricias que les hacen las madres. Y es digno de cuenta que, cuando el sueño viene por el cansancio ó fatiga sensorial, el sujeto despierta si la impresión se suspende; así, el que duerme con el tic-tac, suele despertar si el reloj se para; y el niño acostumbrado al vaivén de la cuna, deja de dormir cuando dejan de mecerlo.

La resolución de las funciones anímicas no se logra de un golpe, ni alcanza el mismo grado en todas ellas; remite en primer término la voluntad cuando se suspenden la atención y los movimientos, luego se interrumpe la relación entre las impresiones sensoriales y la ideación, y por último, perdida por el durmiente la conciencia de su estado, no restan más que las funciones automáticas y reflejas del cerebro.

Estado de las funciones durante el sueño. — Equivocariase el que creyera que el sueño es una suspensión de la vida, porque todos los órganos funcionan y algunas funciones se encuentran exaltadas más bien que suspensas. Entre las de nutrición, la digestión, absorción, circulación, respiración, calorificación y secreciones se encuentran amortiguadas, y la asimilación en su apogeo; entre las de relación, remiten la voluntad, la inteligencia, la sensibilidad, el movimiento voluntario y el poder inhibitorio; aumentan los reflejos, y en algunas ocasiones la memoria y la imaginación; en cuanto á las de generación, todas remiten salvo accidente.

El sueño es tanto más reparador cuanto mayor número de funciones remiten y más completa es la remisión; por esta causa no aprovechan los sueños turbados por dolores, agitaciones, desvaríos ó pesadillas.

La característica del sueño, por lo que á las funciones psíquicas se

refiere, estriba en la suspensión de la actividad voluntaria y en la pérdida de la conciencia. El durmiente puede pensar, y á veces, con más actividad que en la vigilia, recuerda con precisión sucesos próximos ó remotos, imagina cuadros reales ó ilusorios, siente odio y amor, miedo ó cólera, atracción ó repulsión, quiere librarse de un peligro próximo y no le obedecen ó le sirven mal los músculos, padece ilusiones ó alucinaciones sensoriales, y á las veces hasta se da cuenta de que son quimeras aquello que siente ó piensa; y, sin embargo, ni tiene conciencia clara de su situación, ni poder voluntario para arrojar de sí los fantasmas que le martirizan, ni gobierno para encauzar su pensamiento.

Los sentidos no están suspensos durante el sueño, pero los impulsos nerviosos que engendran, no conmueven á la conciencia y en su mayor parte se tornan reflejos. El que se duerme á caballo, guarda el equilibrio por acción refleja y despierta si la cabalgadura se detiene; una luz viva que hiera la retina á través de los párpados, no produce una sensación visual y promueve contracción de la pupila; el cansancio de una parte excita un cambio de postura sin que el sujeto despierte; la picadura de un insecto provoca movimientos reflejos de defensa, etc., etc.

Á veces, impresiones sensoriales de bastante intensidad no bastan á despertarnos, y otras muy leves lo consiguen. El que se duerme á compás de un ruido, suele despertar si el ruido cesa; y el que duerme acostumbrado ó contando con el silencio, el menor ruido le despierta. Es más, cuando nos dormimos preocupados con la idea de despertar á una hora dada, oímos el reloj ó despertamos mucho antes. Todos estos hechos, y muchos más que el lector puede añadir de su propia experiencia, demuestran que no se suspenden por completo las relaciones sensoriales.

Las sensaciones orgánicas no arrojan durante el sueño apetitos definidos, á menos que sean muy intensas: así, mientras dormimos, ni padecemos por hambre ó sed, ni nos despierta, de ordinario, la necesidad de orinar ó defecar. Mas no se crean suprimidas ó suspensas las corrientes nerviosas que desde las vísceras ascienden al cerebro, sino que, como la conciencia no vigila, dichas corrientes se difunden y promueven muchos de los fantasmas del ensueño, cuando no producen pesadillas.

Los movimientos reflejos y los automáticos se cumplen con perfecta exactitud, aunque la conciencia no se da cuenta clara de que se verifican. Hay durmientes que andan y hablan, pero sus movimientos y locuciones responden á los argumentos de su fantasía, y en ningún modo á una determinación voluntaria y consciente: por esta razón no puede sostenerse

un diálogo con persona dormida, ni ésta es responsable de los actos que ejecuta durante su sueño.

Ya al tratar de las funciones de nutrición hemos anotado la baja que experimentan durante el sueño; y en cuanto á la asimilación, está en alza, porque sólo puede verificarse durante el reposo de los órganos, y nunca es éste mayor y más durable que mientras dormimos.

Ensueños y pesadillas. — Sin conciencia de su estado, y remisa cuando no suspensa su voluntad, el durmiente es presa de ensueños y desvaríos que unas veces son trasunto, aunque desproporcionado, de la realidad, y otras fantasías sin sustento alguno. Cuando el desvarío se reduce á meras divagaciones sin gran trascendencia afectiva, se llama ensueño; y se dice pesadilla si nos hace padecer de angustia ú opresión con las apariencias de un cuadro melancólico, siniestro ó terrorífico.

En los ensueños influyen de una parte los impulsos aferentes que llegan al cerebro, y de otra el trabajo ó vibración *espontánea* de las propias células nerviosas, las cuales, por impulso adquirido desde la vigilia ó por solicitudes internas, se encargan de producirlos. De que los ensueños tienen este doble sustento, nos certifica el *rielar del cerebro* en plena vigilia; y así, cuando nuestra voluntad no impone al pensamiento una dirección determinada, el trabajo del cerebro le ofrece como pasto una serie de *phantasmas* que cambian, alternan ó se sostienen; basta, sin embargo, el poder voluntario para barrer de un golpe semejantes representaciones y dirigir el pensamiento adonde convenga. Precisamente porque falta el freno de la voluntad, dichas representaciones se enseñorean del cerebro durante el sueño ¹.

1 He aquí cómo enseña Letamendi la génesis de estos fenómenos: «El » encefalo, solicitado de continuo y simultáneamente por sus especies, » imágenes ó *phantasmas* acumuladas, y por las impresiones cósmicas y » somáticas del momento, ¿qué ha de hacer más que agitarse de continuo » en rutilantes representaciones que aparecen y desaparecen, y cambian » y tornan, y se combinan y transforman, no como verdaderos pensamientos, sino como *materia primera* para formarlos; bien como el rielar de la » luna en la inquieta superficie del mar no engendra visiones, sino sim-

Por trascender al estado patológico, aún es más clara la génesis de las pesadillas: éstas se engendran por un aporte formidable de impulsos nerviosos de las vísceras irritadas ó directamente de una irritación del propio cerebro. Ejemplo de lo primero es la pesadilla de la indigestión ó de la disnea, aunque en la última juega también el estímulo de la sangre carbónica sobre el cerebro.

Tránsito á la vigilia. — El despertar es análogo al dormir, y por esta analogía el sujeto despierta espontáneamente ó por motivos externos. De ordinario concurren las dos causas, y así, cuando la necesidad del reposo está satisfecha, despertamos, tanto por impulso propio como por estímulo de los excitantes externos, luz del sol, ruidos ó llamamiento directo, etc. Que los excitantes externos no son suficientes á despertarnos, se prueba porque con ellos y por ellos nos dormimos: valga de ejemplo el sueño que se apodera de nosotros por cansancio sensorial.

En cambio, sin necesidad de estímulos externos, despertamos cuando se nos acaba el sueño. Claro es que á cualquier hora puede despertarse á un individuo si se le llama, pero aun en este caso influye la voluntad del sujeto en atender al llamamiento y disipar las nubes del sueño.

» plemente imágenes visibles á condición de que haya ojos que las vean?
 » ¿Y cómo no ha de proceder así el cerebro, si las sencillas retinas no hacen
 » durante la vigilia otra cosa, por más que nos pase ordinariamente
 » inadvertida?

» Ahora bien: quien dudara del trabajo espontáneo del cerebro, no ha
 » de hacer más que sorprender las aberraciones de su propio pensamiento,
 » al compás que la voluntad va cejando en la dirección del pensar, bien en
 » los momentos de quedarse dormitando, bien en los de lento despertar,
 » bien bajo el influjo de la fiebre, bien, en fin (y esto no es tan común), en
 » los casos de subdelirio lúcido, en que el enfermo, completamente vigil,
 » desbarra sabiendo que desbarra, recordando, una vez curado, y refiriendo
 » punto por punto cuantos despropósitos dijo, y cuanta pena ó diversión
 » (que de todo hay), hubo en aquella especie de insubordinación ó cuarte-
 » lada de su propio cerebro.

» Promotores muy acreditados del trabajo cerebral automático son los
 » estímulos insólitos peri-, meso- ó endocósmicos, tanto físicos como psi-
 » quicos, así como las irritaciones de los órganos mismos.» (Letamendi:
Patología general, t. II, pág. 656.)

De igual modo que al conciliarse el sueño no todas las funciones remiten á la vez ni en igual grado, tampoco al despertar se alistan las funciones en un solo acto. Despéjase primero el oído, luego el tacto, el gusto y el olfato, después la vista, y en fin, la ideación, la conciencia, la voluntad y los movimientos. Los músculos, para disponerse á la vigilia, comienzan á librar el exceso de energía en forma de bostezos y pandiculaciones.

El período de tiempo que ha de emplearse en el sueño varía mucho, según la edad y las diversas condiciones: después del nacimiento, el infante se pasa la vida durmiendo, y puede decirse que sólo despierta para mamar, y aun suele mamar dormido; los niños emplean lo menos medio día en el sueño, los adultos de siete á nueve horas, y los viejos de seis á ocho. Es de advertir que el hombre es el animal que menos duerme en la creación, y aun así necesita de siete á ocho horas de sueño ¹.

Hipótesis sobre el sueño. — Se han preocupado mucho los fisiólogos del estado de la circulación cerebral durante el sueño, y hasta han llegado á concluir que en la congestión ó anemia del encéfalo está la clave del mecanismo de la hipnosis.

Dejando á un lado las discusiones entre los partidarios de la congestión (Carpenter, Dickinson, Holland, etc.) y los de la anemia (Durham, Hammond, etc.), me inclino á la opinión de estos últimos, pues sobre ser convincentes las pruebas experimentales ², es lógico suponer que si cuando los órganos trabajan reciben

1 Sólo el hombre está perfectamente vigil, por gran cosa, unas diez y siete horas de las veinticuatro disponibles: quien duerme notablemente más de siete, es un enfermo disfrazado de haragán; quien notablemente menos, es un héroe que va para enfermo. — Letamendi: «El hombre en acción,» discurso leído por el Excmo. Sr. D. Segismundo Moret en el Ateneo de Madrid, durante el curso de 1895.

2 Los experimentos de Hammond consistieron en observar directamente la circulación cerebral en perros trepanados bajo la influencia del opio. En mi ya larga práctica de trepanaciones en los animales, también he observado anemia durante la narcosis clorofórmica: pero es de advertir que antes de llegar á esa anemia se produce congestión en el período de excitación, y luego vuelve á ingurgitarse el cerebro cuando el animal despierta.

multiplicada su ración de sangre, en el reposo deben recibir menor riego sanguíneo; pero el toque está en que se puede dormir con el cerebro hiperemiado ó isquímico, y á la inversa, la congestión y la anemia patológicas disponen al insomnio y son incompatibles con el sueño normal. Quiere decir, que el estado de la circulación cerebral es concurrente, pero no eficiente del sueño, y que de ordinario éste se verifica con una disminución fisiológica en el riego sanguíneo.

Lo mismo digo del acúmulo en la sangre de sustancias hipnógenas y del consumo de oxígeno por dichas sustancias con perjuicio del cerebro. Se ha supuesto (Preyer) que, á consecuencia del trabajo de los tejidos, especialmente de los músculos, se desasimilan ciertos principios excrementicios (ácido láctico y lactatos), los cuales, á la vez que gozan de virtudes hipnóticas, roban para combustionarse el oxígeno de la sangre; de esta suerte, el sueño resultaría mezcla de hipnosis y de falta de oxígeno. Sin negar que los productos excrementicios puedan influir en la fatiga, aún no se han demostrado sus propiedades hipnóticas; y aunque se demostraran, todavía faltaría explicar por qué mecanismo el hombre resiste con su voluntad al sueño cuando está fatigado, y á la inversa, cómo duerme cuando quiere y sin que cansancio alguno le solicite. Tiene en su daño esta hipótesis, que asimila el sueño normal al de los agentes hipnóticos (opio, cloroformo, etc.) y á la asfixia (falta de oxígeno), y tal asimilación no se justifica por los hechos.

Modernamente, Duval ¹ ha propuesto otro mecanismo para el sueño provocado por los narcóticos: según el profesor francés, durante el sueño, natural ó provocado, se interrumpirían las relaciones entre las ramificaciones terminales de los nervios sensitivos y las expansiones protoplasmáticas de las células de los centros, mediante la contracción ó retracción de las primeras, y de

1 Duval: *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 2 y 9 de Febrero de 1895

esta suerte quedaría el cerebro aislado funcionalmente. Cajal niega la contracción de las arborizaciones terminales de los nervios, y por tanto queda sin base la hipótesis de Duval; pero es de advertir que el sueño no puede explicarse exclusivamente por la interrupción de las relaciones sensoriales.

Ya en otra ocasión ¹ nos hemos ocupado de la conjetura de Cajal acerca del mecanismo de la atención; si la contracción de las células neuróglícas se demostrase, se explicarían satisfactoriamente muchos de los fenómenos del sueño. Relajadas las expansiones de dichas células, bien por inhibición voluntaria, bien por cansancio, servirían de aisladores é interrumpirían las relaciones entre los elementos nerviosos; de aquí la falta de atención, el aislamiento del cerebro y la incoordinación de sus funciones. Por lo demás, el sueño es un fenómeno tan sencillo en su expresión como complejo en su mecanismo.

1 Véase la página 690: «Conjeturas de Cajal.»

Leccción LXXXVIII.

Mecánica del cuerpo humano.

Sumario: Condiciones mecánicas del cuerpo humano. — Palancas. — Dinamometría. — Equilibrio del cuerpo en las diversas actitudes. — Bipedestación. — Locomoción. — Mecanismo de la marcha. — Carrera.

Condiciones mecánicas del cuerpo humano. — El hombre está admirablemente organizado para producir el mayor trabajo útil con el menor esfuerzo posible. Compónese su cuerpo de una serie de artículos que le prestan aptitud para toda clase de movimientos: elasticidad, cuanta necesita para moverse y acomodarse á las varias actitudes; rigidez bastante á mantenerse firme y derecho como si fuera de una sola pieza, y resistencia para soportar las cargas más pesadas y defenderse de los golpes más violentos. Esto sin contar con los instrumentos maravillosos que representan las manos. Á la inteligencia debe el hombre la posesión del mundo; al mirar de frente su belleza ¹, y á sus manos la efectividad de su poder.

La fuerza la prestan los músculos, cuyas excelentes condiciones mecánicas hemos estudiado; las órdenes y el concierto corresponden al sistema nervioso; los huesos sirven de columnas ó de palancas de brazo largo, ofrecen la forma de tubos ² de substancia compacta con la cavidad llena de grasa, uno de los cuerpos más ligeros: cuando están dispuestos para servir de armazón

1 *Ἀνθρωπος*, *Antropos*, que mira de frente.

2 Las columnas huecas resisten más que las macizas.

a un órgano delicado, presentan la finísima textura del etmoides ó del caracol; son rugosos y fuertes como el isquión, si tienen que sostener mucho peso y prestar inserción á músculos robustos; y elásticos y flexibles cuando tienen que jugar como juegan las costillas en el tórax.

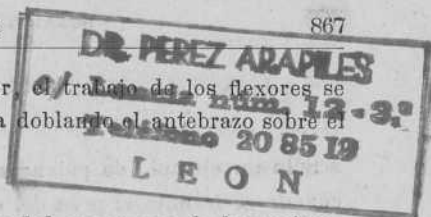
Los músculos ejercitan su acción de dos maneras: por *presión* ó *sístole*, ó por *tracción*.

En ambos casos el trabajo útil lo produce el acortamiento de la fibra muscular; mas en el primero son presionadas las partes comprendidas entre los dos puntos de inserción; y en el segundo, uno de dichos puntos, llamado *móvil*, es atraído hacia el otro que actúa de *fijo*. Ejemplo del primer caso, la contracción de los músculos cavitarios; y del segundo, la elevación de la mandíbula por la acción del temporal.

En el supuesto de la tracción el punto fijo no lo es en absoluto, sino relativamente al que se mueve¹; mas para el estudio conviene considerarlo como si lo fuera. El caso más simple que puede ocurrirse, es aquel en que un músculo, el braquial anterior, por ejemplo, pasa de un hueso fijo, el húmero, á un hueso móvil, el cúbito, y tira del antebrazo para doblarle sobre el brazo; la acción del músculo se verifica en la dirección de la línea que une las dos inserciones (línea de acción) y lucha con la gravedad (peso del antebrazo y de la mano y carga que ésta sostenga). Según el principio del paralelógramo de las fuerzas, la que representa la tracción del braquial se descompone en dos: una que podemos considerar como pérdida, por ser paralela al eje del cúbito, y se manifiesta como presión sobre la superficie articular del húmero, y otra perpendicular á la primera, que es la que hace doblar el antebrazo sobre el brazo; esta última es la que podemos considerar útil, y tiene por valor el suyo multiplicado por la distancia entre el punto de aplicación y el eje del movimiento². El resultado útil de la tracción será tanto mayor cuanto más se acerque al ángulo recto, el formado por la línea de acción del músculo con el hueso móvil,

1 En muchos casos el punto fijo se cambia en móvil, y á la inversa.

2 Así se deduce del teorema general del momento de las fuerzas: dicho momento puede definirse como igual al producto de la fuerza por la distancia al punto de aplicación.



y por esta causa, en el ejemplo anterior, el trabajo de los flexores se encuentra favorecido á medida que se va doblando el antebrazo sobre el brazo.

Palancas. — En los movimientos del cuerpo y de los miembros los diversos artículos óseos juegan como palancas, y las hay de los tres géneros; pero las que más abundan son las de tercero ó interpotentes, pues gracias á ser más corto en éstas el brazo de la potencia, resultan ampliados los movimientos.

En las palancas, la potencia y la resistencia están en relación inversa de las longitudes de sus brazos respectivos.

Palancas de primer género.—En ellas el punto de apoyo se encuentra entre los de aplicación de la potencia y la resistencia, y se la apellida en Fisiología palanca de la estación, porque en la actitud vertical es la que rige el equilibrio del cuerpo.

He aquí algunos ejemplos de palanca de primer género. La cabeza, articulada con la columna vertebral, es una palanca de esta clase, cuyo punto de apoyo está en la articulación; la resistencia, representada por el peso de la cabeza, cae por delante de la articulación (centro de gravedad), y la potencia está encomendada á los músculos de la nuca. La cabeza y el tronco, con los miembros torácicos pendientes, se sustentan sobre los fémures también en forma de palanca de primer género, cuyo punto de apoyo está en la articulación coxo-femoral; la resistencia (peso del cuerpo) cae por detrás, y la potencia (músculos anteriores del muslo) por delante. Todo el peso del cuerpo, gravitando sobre la pierna ó el pie, representa también una palanca del mismo género.

Pocos ejemplos de esta clase de palancas se ofrecen en los movimientos, pero se dan algunos; por ejemplo, la extensión del antebrazo sobre el brazo.

Palancas de segundo género. — En ellas la resistencia se encuentra entre el punto de apoyo y la potencia; y como el brazo de ésta es más largo que el de la resistencia, la fuerza se

halla favorecida en un tanto igual al perjuicio que sufre la velocidad ¹; estas palancas se llaman inter-resistentes.

Sólo un ejemplo de palancas de segundo género ofrece el organismo, cuando se levanta el peso del cuerpo sobre la punta de los pies. En este caso el peso del cuerpo (resistencia) gravita sobre el calcáneo y el astrágalo; la potencia, representada por los músculos del tendón de Aquiles, cae por detrás; y el punto de apoyo está delante, al nivel de la cabeza de los metatarsianos.

Palancas de tercer género.—Estas palancas favorecen el movimiento cuanto perjudican la fuerza; pues como tienen el punto de aplicación de la potencia entre el de la resistencia y el de apoyo, el brazo de la resistencia es más largo que el de la potencia.

Como antes hemos dicho, las palancas de este género son las que más abundan en el organismo, sobre todo en los movimientos, y por esta causa se las apellida palancas de la locomoción. En el ejemplo antes referido, al tratar de la tracción, la flexión del antebrazo sobre el brazo figura una palanca de tercer género, cuyo punto de apoyo está en el codo, el de aplicación de la potencia en la inserción de los músculos bíceps y braquial anterior, y el de la resistencia en la parte media del antebrazo.

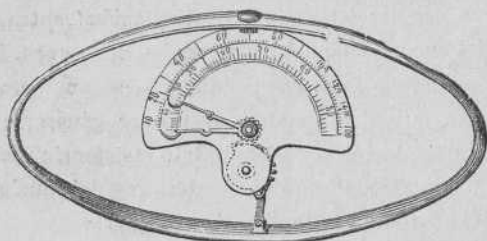


Figura 133.

Dinamómetro de Regnier.

Dinamometría.—Ya en otro lugar ² hemos estudiado la

¹ Quiere decir que si el brazo de la potencia vale cuatro y el de la resistencia uno, cuatro kilogramos de peso podrán ser equilibrados por uno, pero el punto de aplicación de la potencia recorrerá cuatro unidades de espacio, mientras el de la resistencia una.

² Véase la página 724.

potencia de los músculos, y ahora sólo nos corresponde valorarla para las investigaciones fisiológicas. Esta valoración puede hacerse para el total del trabajo realizado por el hombre, y se aprecia en los diferentes grupos de músculos de los miembros á favor de los *dinamómetros*, aparatos que, como su nombre indica, sirven para medir la fuerza.

Uno de los dinamómetros más usados es el de Regnier (figura 133): se compone de un resorte de acero de forma oval, sobre el que actúa la fuerza de los músculos de la mano, ya por presión, ya por tracción: en ambos casos se aproximan las dos ramas del resorte, disminuyendo el diámetro menor del óvalo, y el cambio de forma se traduce por el movimiento de dos agujas que al moverse en un semicírculo graduado marcan en kilogramos la fuerza desarrollada: la graduación superior, mide la fuerza de tracción; y la inferior, la de presión. Valiéndose de la transmisión neumática y de un tambor escribiente, ha logrado Marey transformar en dinamógrafo, el dinamómetro ordinario. Las figuras 134 y 135 representan respectivamente el dinamógrafo de Verdin, y el mismo aparato en función.

Quetelet ha calculado en 70 kilogramos la fuerza de presión de las dos manos, y próximamente en el doble la de tracción, todo ello en el hombre adulto, que en la mujer es un tercio menor. El hombre, según Landois, es capaz de llevar un peso doble del de su cuerpo; la mujer la mitad, y los niños un tercio más que las niñas.

En estos cálculos, tanto como la fuerza desarrollada en un instante, interesa averiguar el tiempo del ejercicio, pues de entrambos factores se deduce en kilográmetros el total del trabajo. Ahora bien: como los músculos han menester de reposo, el trabajo útil en las veinticuatro

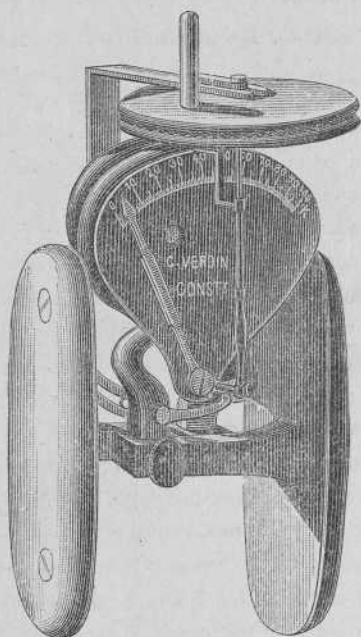


Figura 134.
Dinamógrafo.

horas es mucho menor de lo que las cifras anteriores declaran, y se ha tasado en 2,3 kilográmetros por segundo. (Beaunis).

Bipedestación. — Para mantener el hombre el equilibrio de su cuerpo en la actitud vertical, necesita de la acción de ciertos grupos de músculos; y eso que, como antes hemos dicho, se halla maravillosamente organizado para la bipedestación. En la actitud vertical el centro de gravedad dista mucho de la base de sustentación; ésta no es muy extensa, y los diversos artículos del cuerpo no se sustentan los unos sobre los otros en perfectas condiciones de equilibrio. Para que éste fuera estable y se diera sin intervención de los agentes musculares, era preciso que se realizaran las condiciones contrarias, á saber: ancha base de sustentación muy próxima al centro de gravedad y equilibrio perfecto de los segmentos que forman el cuerpo humano.

El centro de gravedad del cuerpo encuéntrase, según Weber, en el promontorio; según Mayer, en el canal de la segunda vértebra sacra; y Harless la sitúa en los $\frac{44}{100}$ de la longitud del cuerpo, á contar desde el vértice de la cabeza. La base de sustentación se forma por el polígono que resulta de la unión de los puntos que se apoyan en el suelo: el apoyo está en los dos pies, y cada uno de ellos se sustenta sobre tres puntos: el talón (tuberosidad del calcáneo), y las cabezas del primero y quinto metatarsiano. Los otros huesos de este nombre constituyen puntos de apoyo secundarios.

Distaba mucho del equilibrio estable la sustentación de unos artículos sobre otros: el centro de gravedad de la cabeza cae por delante del eje de la articulación occipito-atloidea, y aquélla se doblaría si no interviniesen los músculos de la nuca (extensores) para mantenerla erguida. La columna vertebral, movable en su conjunto, y más movable aún en las regiones cervical y lumbar, requiere ser inmovilizada para que se mantenga firme á guisa de columna rígida, sin que el peso de las vísceras que de ella penden la doblen hacia adelante; á este fin coadyuvan los músculos de la nuca y de los lomos, y su acción se encuentra favorecida por los ligamentos vertebrales.

El tronco con la cabeza y los brazos se sustenta sobre las articulaciones coxo-femorales; pero como el centro de gravedad de aquél cae por detrás del eje de rotación de éstas, el cuerpo caería sobre el dorso si no lo impi-

diesen, de una parte el ligamento de Bertin ¹ y la aponeurosis de la *fascia lata*, y de otra la contracción del psoas-iliaco y del recto anterior del mus-

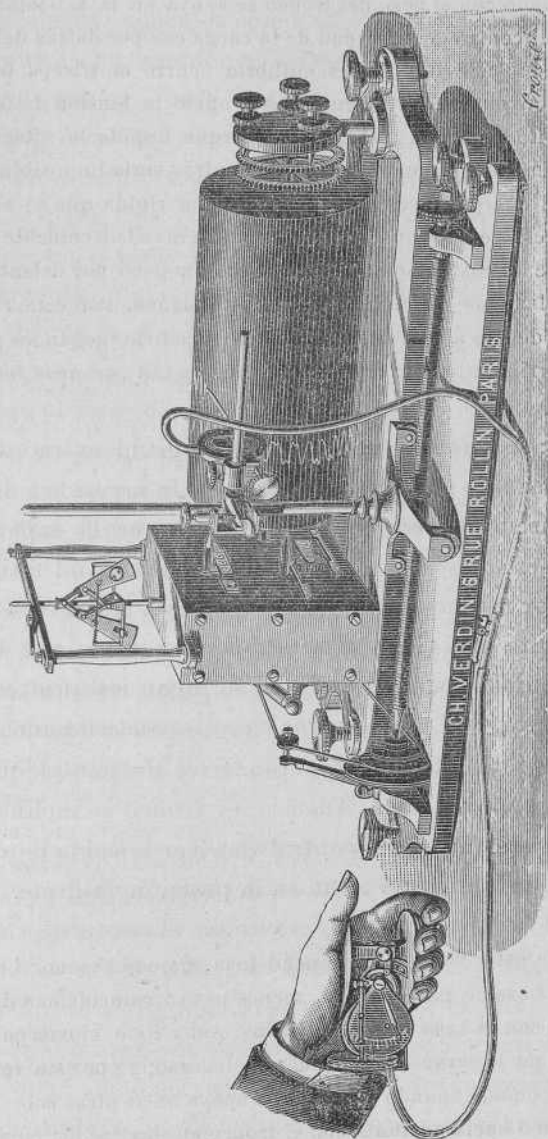


Figura 135.

Dinamógrafo en función.

1 El ligamento de Bertin va desde la espina iliaca antero-inferior á la línea que une los dos trocánteres.

lo. La inclinación lateral del cuerpo con abducción de un miembro y adducción del otro, la impiden los músculos glúteos.

El muslo cargado con el peso del tronco se apoya en la articulación de la rodilla, mas el centro de gravedad de la carga cae por detrás del eje de dicha articulación; á evitar el desequilibrio ocurre el triceps femoral. También contribuyen indirectamente á este oficio la tensión de la *fascia lata* y el ligamento de Bertin; este último porque impide la rotación del muslo hacia afuera, sin la cual la caída hacia atrás sería imposible.

Equilibrado el cuerpo, representa una columna rígida que se sustenta sobre los dos pies; pero tampoco el centro de gravedad coincide con el centro de la base de sustentación, sino que cae un poco por delante de la línea que une las dos articulaciones tibio-tarsianas. Por esta razón el cuerpo tiene tendencia á caer de cara, y para impedirlo juegan los músculos de las pantorrillas, los flexores de los dedos y los peroneos laterales.

Ahora bien: si tenemos en cuenta la longitud extraordinaria del cuerpo (brazo de palanca muy largo) y la necesidad de contracciones musculares, convendremos en lo que la experiencia acredita, esto es, que la bipedestación es una actitud fatigosa é insostenible por mucho tiempo. Dentro de esta fatiga caben grados, y así resulta más violenta la posición en firme que la que adoptan los soldados cuando están en su lugar descanso; en esta última se separan los pies (mayor base de sustentación), y el derecho, situado delante del izquierdo, sirve de puntal que impide la caída hacia adelante. Además, el tronco se inclina ligeramente hacia adelante (para contrabalancear la caída de dorso), y la cabeza no está erguida como en la posición en firme.

La posición de estar sentado es mucho más cómoda (menor brazo de palanca, mayor base de sustentación, menos peso y coincidencia del centro de gravedad con la base de sustentación). Así y todo, el cuerpo caería hacia delante si no jugaran los músculos del dorso; y por esta razón, la postura es más cómoda cuando el cuerpo se apoya hacia atrás sobre el respaldo del asiento ó hacia adelante con el tronco en flexión.

Por razones, fáciles de entender después de lo que llevamos dicho, la posición más cómoda es la supina.

Locomoción. Marcha.—Si complejo es el mecanismo nervioso que gobierna la marcha, no lo es menos el juego de tantos y tan diversos músculos como en ella se ejercitan. Basta considerar que la bipedestación, inestable de suyo, se cambia en las fases del paso, y á cada instante se modifican el centro de gravedad y la base de sustentación.

Recibe el nombre de marcha la progresión del hombre hacia adelante paso tras paso, sin que en ningún momento deje de apoyarse en el suelo un pie cuando menos; este último carácter la diferencia de la carrera y del salto, en los cuales hay un instante en que se pierde el contacto entre los pies y el suelo. Durante la marcha, el peso del cuerpo gravita, ya sobre un miembro, ya sobre el otro; y como éstos avanzan alternando, á cada avance se gana un paso hacia adelante (Marey). Al miembro que soporta el peso del cuerpo se le llama *activo*, y al que oscila *pasivo*. He aquí cómo Landois ¹ explica la marcha, considerándola en dos tiempos:

Primer tiempo.—«El miembro activo es vertical y se encuentra ligeramente doblado por la rodilla; el pasivo está en extensión y no toca al suelo más que por la punta del dedo gordo. En esta posición los dos miembros representan un triángulo rectángulo, cuya hipotenusa la forma el pasivo, y los dos catetos el activo y el suelo.

Segundo tiempo.—En el avance del tronco, el miembro activo pasa de la posición vertical á otra oblicua hacia adelante (entonces representa la hipotenusa), y para que el tronco se mantenga á la misma altura es necesario que el dicho miembro se alargue: este alargamiento se verifica por la extensión de la perna sobre el muslo; por elevación del talón (en este momento no se apoya en el suelo más que la cabeza de los metatarsianos); y, en fin, por la elevación de los metatarsianos, quedando como último

1 Obra citada, pág. 583.

punto de apoyo la punta del dedo gordo. Mientras que el miembro activo se extiende y se inclina hacia adelante, la extremidad del dedo gordo del pasivo sepárase del suelo. Este último miembro se acorta por la flexión sobre la rodilla, y realiza un *movimiento de péndulo*; de esta suerte, gana hacia adelante un tanto igual á la distancia que le separaba del miembro activo cuando estaba detrás de él. Entonces el pie se posa de plano, el miembro se endereza para recibir el peso del cuerpo y pasa de pasivo á activo.»

El miembro activo es, pues, el que por su extensión con repulsión del suelo presta el impulso para la marcha: este impulso se descompone en dos fuerzas: una vertical de abajo arriba, que contrarresta el influjo de la gravedad (que actúa en sentido contrario); y otra horizontal, que es la que determina el avance del cuerpo.

Durante la marcha, el tronco verifica tres clases de movimientos: 1.º, *de oscilación*, en el sentido horizontal y en el vertical; en el primero, el tronco oscila á la izquierda y á la derecha cuando el miembro correspondiente se apoya en el suelo; y en el vertical, asciende cuando uno de los pies se encuentra en la mitad de la oscilación, y desciende en el momento que los dos se apoyan en el suelo: estas oscilaciones suponen pérdida en la fuerza muscular empleada, pues para que ésta produjera todo su efecto útil era preciso que el centro de gravedad siguiese rectamente su trayecto hacia adelante; 2.º, *movimientos de rotación*, que corresponden á las oscilaciones horizontales del gran troncáuter (el izquierdo oscila al mismo lado, en el instante que oscila el pie correspondiente); 3.º, *movimientos de torsión*, que se deben á las oscilaciones inversas de los miembros torácicos y abdominales: durante la marcha, para mantener el equilibrio, los brazos oscilan en sentido inverso de las piernas y el tronco se tuerce.

Condiciones de la marcha. — La celeridad de la marcha depende de la longitud de los pasos y del número de ellos en la unidad de tiempo: esta última condición depende, á su vez, de la duración del paso, de la carga que el individuo soporta y de la fatiga muscular.

La duración del paso es relativa al tiempo que están apoyados los dos pies en el suelo, y este tiempo es tanto menor cuanto

mayor número de pasos se dan en la unidad de tiempo. Según Gad, cuando la velocidad del paso aumenta desde 40 hasta 100, la duración del apoyo simultáneo de los dos pies disminuye desde $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{8}$. Prácticamente, la duración de este apoyo simultáneo desciende á 0 en la marcha acelerada, pues el miembro pasivo se destaca del suelo en cuanto se apoya el oscilante.

La longitud del paso depende de la relación de la hipotenusa formada por el miembro pasivo con el cateto mayor, que representa el activo; y en su virtud, cuanto más largos son los miembros ó más acentuada es la flexión del activo, mayor será el paso. La mayor longitud de las piernas influyen como valor absoluto, y así las personas de piernas largas producen grandes zancadas: la flexión del miembro activo influye como valor relativo, pues cuanto más doblado esté más corto resultará respecto á la hipotenusa que representa el miembro pasivo.

Carrera. — En la carrera, á diferencia de la marcha, hay un tiempo en que los miembros no se apoyan en el suelo y el cuerpo aparece suspendido en el aire. La carrera es un ejercicio más violento que la marcha, y necesita que el impulso que presta el miembro activo sea mucho más poderoso; proyectado el cuerpo hacia adelante por el miembro activo, que después de haberse doblado más que de ordinario se extiende y se endereza bruscamente á manera de un resorte, los dos miembros oscilan de atrás adelante sin tocar al suelo, y el activo no concluye su oscilación sino después que toca tierra el que antes fué pasivo.

Lección LXXXIX.

Fonación.

Sumario: Producción de la voz. — Condiciones que la regulan. — Caracteres de la voz. — Intensidad, tono y timbre. — Registros. — Influencia del sistema nervioso en la fonación. — Palabra. — Vocales y consonantes.

Producción de la voz. — La voz se produce por la vibración de las cuerdas vocales al chocar con ellas la corriente de aire expirado. Las vibraciones de las cuerdas vocales se transmiten al aire, y el sonido que resulta se modifica luego en las cámaras supraglóticas para constituir los que componen la palabra.

En la respiración tranquila, no se engendra en la laringe sonido alguno claramente perceptible, pues para que la voz se produzca hace falta: de una parte, mayor presión que la ordinaria en la corriente de aire expirado; y de otra, cierta tensión y aproximación de las cuerdas vocales.

El aparato de la fonación consta de tres partes: 1.^a, fuelle y porta-vientos, constituidos, respectivamente, por los pulmones con la caja torácica (músculos expiradores) y los tubos bronco-traqueales; 2.^a, un instrumento músico análogo, aunque no idéntico, á los de lengüeta, las cuerdas vocales; y, 3.^a, unas cavidades que sirven á la vez de caja de resonancia y de regiones de articulación de los sonidos, las cámaras supra-glóticas (laringe, faringe, boca y fosas nasales).

En su consecuencia, la voz puede perderse (afonía) por cualquiera de las

siguientes causas: 1.^a, porque el aire no pase por la laringe ó no alcance presión suficiente para hacer vibrar las cuerdas vocales; 2.^a, por falta de las cuerdas vocales ó alteraciones patológicas que las impidan vibrar; y 3.^a, por parálisis de los músculos que las aproximan y ponen tensas.

Condiciones que regulan la producción de la voz.—

Hemos dicho que para que la voz se produzca se requieren dos condiciones: presión del aire expirado, y tensión de las cuerdas vocales.

La presión del aire expirado depende de la acción de los músculos expiradores (potencia) y de la mayor ó menor abertura glótica por donde ha de escapar (resistencia); esta última condición depende de los músculos que dilatan ó estrechan la glotis. En la respiración ordinaria, la glotis se dilata á cada inspiración (acción del crico-aritenoideo posterior) y se estrecha en la expiración por la acción de los constrictores (crico-aritenoideo lateral y ari-aritenoideo); pero este estrechamiento expiratorio no basta á producir la voz, sino un ligero ruido de roce. Es preciso, para que la voz se engendre, que el choque entre la corriente de aire y las cuerdas vocales sea más intenso; y al efecto, las dichas cuerdas se ponen tensas y se aproximan: por esta causa, la glotis, que aparece ancha y en figura de V en la respiración tranquila, adquiere la forma de hendidura mientras la voz se produce.

La tensión y aproximación de las cuerdas vocales resulta de una acción compleja, en la que juegan los músculos crico-tiroideo, tiro-aritenoideo lateral, ari-aritenoideo y tiro-aritenoideos interno y externo: todos estos músculos son constrictores de la glotis.

El crico-tiroideo hace bascular el cricoides sobre el tiroides, ó éste sobre aquél, pues en este punto hay opiniones: mas acéptese una ú otra, siempre resultará de la acción del músculo que nos ocupa una acción tensora sobre las cuerdas vocales, puesto que aumenta la distancia entre los puntos extremos de inserción de las mismas (apófisis vocal del aritenoides y

ángulo entrante del tiroides). Pudiera resultar que el tiroides tirase de las cuerdas y éstas de los aritenoides, con lo cual se frustraría la tensión de aquéllas; pero evítalo el músculo ari-aritenoideo, que fija los aritenoides, y por tanto, la tensión de las cuerdas vocales resulta del juego antagónico de dos músculos: el crico-tiroideo, que aleja el tiroides de los aritenoides, y del ari-aritenoideo, que fija dichos cartílagos. También contribuye á esta fijación el crico-aritenoideo posterior, no obstante ser dilatador.

El crico-aritenoideo lateral imprime á los cartílagos aritenoides un movimiento de rotación alrededor de su eje vertical y aproxima las apófisis vocales, ó lo que es lo mismo, las cuerdas vocales; es pues, constrictor de la glotis.

Los músculos tiro-aritenoideos interno y externo son también constrictores de la glotis, porque de su contracción se sigue la aproximación de las cuerdas vocales; pero tienen otro papel no menos interesante, y es hacer de las dichas cuerdas un solo cuerpo, para que vibren en totalidad. Por esta segunda acción juegan los citados músculos, como luego veremos, en la producción de la voz de pecho.

Caracteres de la voz. — En el sonido vocal se estudia la intensidad, el tono y el timbre.

La intensidad depende de la amplitud de las vibraciones, y á su vez, la amplitud, de la fuerza del aire expirado. Ahora bien: como las vibraciones del aparato vocal se transmiten al aire, el sonido resultante será tanto más intenso cuanto mayor amplitud ofrezca el árbol respiratorio (mayor masa de aire en vibración); por esta causa, la voz es más intensa en las personas robustas y de pecho amplio (mayor potencia expiratoria y más cantidad de aire).

El tono de la voz depende del número de vibraciones y resulta de la acción combinada de la tensión y longitud de las cuerdas y de la presión del aire expirado ¹.

¹ En rigor la laringe no es un instrumento de cuerda ó de lengüeta, pero rigen en ella, hasta cierto punto, las leyes que determinan el número de vibraciones, ó sea el tono de las cuerdas en vibración. He aquí estas leyes: 1.^a, el número de vibraciones está en razón inversa de la longitud de la cuerda; 2.^a, es proporcional á la raíz cuadrada de su tensión; 3.^a, está en razón inversa del diámetro de las mismas; y 4.^a, está en razón inversa de la raíz cuadrada de su peso específico.

La tensión es efecto de la acción de los músculos constrictores y tensores, que ya hemos estudiado, pero tiene un límite práctico para cada individuo: este límite marca la extensión y registro de la voz. La longitud depende del desarrollo de la laringe y de la parte libre de la cuerda. En los niños y en las mujeres, la menor longitud de las repetidas cuerdas hace que el tono del sonido vocal sea más alto; pero á igualdad de longitud anatómica, el tono depende de la *longitud fisiológica*, ó sea de la parte libre de la cuerda vocal que puede vibrar: cuando se quiere emitir un sonido agudo, la contracción de los músculos crico-aritenoides laterales aproxima los apófisis vocales y junta los bordes tendinosos de las dos cuerdas en su porción posterior: y, por tanto, la longitud de ellas para los efectos de la vibración, queda reducida á la parte anterior.

El tono del sonido vocal aumenta con la presión del aire expirado; y así, cuando los cantantes sostienen una nota, han de forzar la tensión de las cuerdas vocales al par que decrece la cantidad y presión del aire. Análogo mecanismo emplean cuando tienen que aumentar ó disminuir la intensidad de la voz sosteniendo el mismo tono: en el primer caso, á medida que crece la presión del aire expirado tienen que relajar las cuerdas vocales en proporción, pues de otro modo, con la presión se elevaría el tono; en el segundo caso, por el contrario, suplen, con una mayor tensión de las cuerdas vocales, la debilidad de la corriente expiratoria.

Además de las condiciones mencionadas, influyen en el tono de la voz: el grosor de las cuerdas vocales, su forma y las condiciones de la mucosa que las reviste.

Por lo que respecta á los tonos, la extensión de la voz varía mucho según la edad, sexo, ejercicio y condiciones particulares de los individuos.

La voz humana abarca en sus límites extremos tres octavas y media de extensión ¹; pero de ordinario oscila entre dos y dos y media: en la conversación se emplea poco más de media octava.

1 Como ejemplos excepcionales se cita á la Nilsson, que alcanzaba al *fa* ⁴, y la Bastardella, que, según Mozart, daba el *do* ⁵.

El timbre de la voz se debe á la combinación de sonidos armónicos con el fundamental: la voz es ya un sonido timbrado ¹, pero su timbre propio se modifica por nuevos sonidos armónicos que se producen en las cámaras supra-glóticas.

El timbre da carácter al sonido, y gracias á él distinguimos perfectamente la voz de las diversas personas; las hay que tienen un timbre metálico, y otras que se distinguen por su voz sombría ó apagada.

Registros de la voz — Se distinguen dos: el de pecho, y el de cabeza ó falsete; en el primero, la voz es llena, intensa y hace vibrar la pared del pecho; en el segundo, la voz es chillona, aguda y á lo mejor se acompaña de un timbre nasal.

No hay completo acuerdo entre los autores acerca del mecanismo de la producción de la voz en los dos registros; mas desde luego cabe afirmar que en la de pecho la masa en vibración es mayor, la presión del aire expirado más enérgica, la onda más larga y la resonancia afecta sobre todo á las cavidades infra-glóticas; en la voz de falsete, por el contrario, la vibración es menor, más débil la corriente del aire, la onda más corta y la resonancia corresponde á las cámaras supra-glóticas. En la voz de pecho, las cuerdas vocales vibran en su totalidad, gracias á la tensión de las cuerdas vocales (acción antagónica de los músculos crico-tiroideo y crico-aritenoideo posterior) y á la contracción de los tiro-aritenoideos, que hacen de cada cuerda un todo vibrante; la glotis es más estrecha, y, por tanto, adquiere mayor presión el aire expirado; el timbre es más dulce (pocas armónicas y no muy altas), y las paredes torácicas vibran. En la voz de falsete las cuerdas vocales vibran parcialmente ²; la glotis ensanchada deja escapar el aire, y éste nunca adquiere presión para hacer vibrar las cuerdas con vigor; la duración de cada vibración simple es menor, y, por tanto, la tonalidad es más alta; y el número de armónicas y su elevación prestan á esta voz un timbre chillón. Los tonos agudos corresponden al registro de cabeza, y los graves al de pecho; pero en los tonos intermedios un cantante ejercitado puede pasar indistintamente de uno á otro.

1 Helmholtz, con sus resonadores, ha reconocido seis ú ocho armónicos en el sonido vocal.

2 Según Gad, cuando los músculos tiro-aritenoideos se relajan, fórmase una línea nodal paralela al borde vocal, y el borde tendinoso de la cuerda se mueve, durante la vibración, en dirección contraria á la de la base que está relajada. En la voz de falsete los bordes de las cuerdas vibran alrededor de la línea nodal, y la masa vibratoria es más pequeña que cuando toda la cuerda vibra.

Influencia del sistema nervioso en la fonación. —

Dos nervios que derivan como ramas del pneumogástrico inervan á los músculos intrínsecos de la laringe: el laríngeo superior, que por su ramo externo rige al músculo crico-tiroideo, y el laríngeo inferior ó recurrente, que anima á todos los demás músculos.

La sección del nervio laríngeo superior produce en los perros ronquera del ladrido, porque paralizado el crico-tiroideo, las cuerdas vocales se aflojan y dan por su vibración un tono más bajo. Longuet logró restablecer la normalidad del ladrido en un perro á quien seccionó el laríngeo superior, sin más que aproximar el cricoides al tiroides: este experimento sirve de contraprueba al anterior.

La sección de los nervios recurrentes produce afonía y accesos de sofocación; porque paralizados los músculos laríngeos (constrictores y dilatadores), las cuerdas vocales se aflojan, y ni pueden vibrar ni oponer resistencia á la corriente de aire inspirado que las abate como si fueran válvulas. Los accesos de sofocación son más graves en los animales jóvenes que en los viejos, pues en los últimos el mayor desarrollo de los cartílagos aritenoides y de sus apófisis vocales deja un espacio entre las caras internas de los dichos cartílagos (glotis intercartilaginosa) siempre permeable al paso del aire.

Desde que se emitió la opinión de que el pneumogástrico era un nervio esencialmente respiratorio, y el espinal un nervio para la fonación, se ha discutido mucho acerca del origen de las fibras del recurrente y del laríngeo superior. Es lo cierto que el arrancamiento del espinal, ó de su rama interna, deja afónicos á los animales, y no sólo les ocasiona parálisis de los músculos intrínsecos de la laringe, sino que también quedan paralíticos los constrictores de la faringe, que en algo contribuyen en la fonación (movimientos de elevación de la laringe). Si á estos datos añadimos los que se refieren á la distribución de la rama externa del espinal por los músculos externo-mastoideo y trapecio, que respectivamente determinan los movimientos que significan la afirmación, la negación y la duda (encogimiento de

hombros), podemos concluir que el espinal es el nervio por excelencia de la expresión ¹.

En la articulación de los sonidos influyen los nervios facial, hipogloso, gloso-faríngeo y trigémino; y como todos estos nervios y el espinal, ya citado, tienen sus núcleos de origen en el bulbo, debemos considerar á esta parte del encéfalo como centro para la producción y articulación de la voz.

En efecto, las lesiones del bulbo, que interesan á los referidos núcleos motores, alteran la fonación y suelen producir un síntoma, llamado *alalia*, que no es otra cosa que una incoordinación de los movimientos orales.

Palabra. — La palabra hablada ² consta de sílabas, y éstas se descomponen en vocales y consonantes: las vocales son sonidos y constituyen el elemento músico de la palabra; las consonantes son ruidos que se producen por la vibración del aire al atravesar las estrecheces que se forman en las cámaras supra-glóticas.

Vocales. — Resultan de las modificaciones de timbre que experimenta el sonido vocal en las cámaras de resonancia.

En español, las vocales son cinco, pero en la práctica los sonidos vocales son muy variados, según la pronunciación de los individuos, las provincias de donde proceden, etc.

De las cinco vocales, tres son fundamentales: la *a*, la *i* y la *u*; en cuanto á la *e*, es un sonido intermedio entre la *a* y la *i*, y la *o* también es intermedia entre la *a* y la *u*.

Para pronunciar la *a*, las cámaras supraglóticas adoptan la forma de embudo, con la embocadura dirigida hacia delante: al efecto, la mandíbula inferior desciende, la boca se abre, y la lengua y los labios quedan en reposo. Cuando escapa mucho aire por las fosas nasales, la *a* adquiere un timbre gangoso.

¹ Recuérdese que la viscera más expresiva, el corazón, recibe nervios del espinal.

² En la conversación en voz baja no se produce en rigor un sonido vocal, sino que resulta de las modificaciones que experimenta en las cámaras supra-glóticas el aire que escapa por la glotis inter-aritenoidea.

Para pronunciar la *i*, las cavidades supraglóticas adoptan la forma de una retorta con el cuello dirigido hacia delante; asciende la laringe, la boca se entreabre, el velo del paladar se pone tenso para que el aire no escape por las fosas nasales, la punta de la lengua se aplica á los incisivos inferiores, y la parte media de su dorso se levanta, aproximándose á la cavidad palatina.

Para la pronunciación de la *u*, las cámaras adoptan la forma también de retorta, pero de cuello muy prolongado, pues la laringe desciende, los labios se proyectan hacia delante, dejando entre ellos una hendidura transversal, y la lengua se engruesa hacia su base.

Consonantes. — Hemos dicho que las consonantes tienen carácter de ruidos, y que se producen por la vibración del aire al chocar con las estrecheces accidentales de las cámaras supraglóticas.

Las consonantes se clasifican atendiendo al sitio donde se producen (regiones de articulación) y al mecanismo que los produce. Tres son las regiones articulares, á saber: la *palatina*, en donde se producen las consonantes guturales; la *lingual* para las linguales, y la *labial* para las labiales.

Las estrecheces articulares las forman: para las consonantes guturales, la base de la lengua y el velo palatino; para las linguales, la punta de la lengua, la arcada dentaria superior y la bóveda palatina; y para las labiales, los dos labios.

Las consonantes se producen unas veces por el choque de la corriente de aire contra una oclusión brusca é instantánea, y se llaman *explosivas*; ejemplos: *b*, explosiva labial; *t*, explosiva lingual, y *k*, explosiva gutural. Otras veces, la región de articulación se estrecha sin ocluirse y el aire vibra al pasar por la estrechez, produciéndose un sonido prolongado: así se articulan las consonantes *continuas*; ejemplos: los labiales *v* y *f*, la lingual *s*, y la gutural *ch*. Por último: en ciertas consonantes la estrechez figura un instrumento de lengüeta y produce un sonido trémulo: estas consonantes se llaman vibrantes; ejemplos: la *r* labial, la gutural (*r* francesa) y la *r* lingual (*r* castellana).

Leccción XC.

Funciones de reproducción.

Sumario: Funciones de reproducción. — Generación espontánea. — Mecanismo de la reproducción. — Formas de la reproducción. — Fisiparidad, gemmación y esporulación. — Reproducción sexual. — Partenogénesis y reproducción alternante. — Reproducción intransitiva é individual. — Hipótesis sobre los sexos.

Funciones de reproducción. — Tienen por objeto la conservación de la especie á favor de la descendencia. Todo sér vivo procede de otro ú otros de la misma especie que le han engendrado.

En otro tiempo era tema obligado de la Fisiología la historia crítica de la *generación espontánea*. Entendíase por tal, no una generación primitiva ó creación, sino la producción de seres vivos en el seno de la materia inerte sin el concurso de la potencia genésica de otros organismos pre-existentes. La ignorancia sobre la reproducción de los microbios, el desconocimiento de las metamorfosis y alternativas que experimentan en su desarrollo ciertos gusanos é insectos, y la falta de antecedentes de seres aparecidos de un modo insólito é inesperado, hicieron creer á los filósofos y naturalistas en la generación espontánea; pero á medida que las incógnitas se despejaban, aparecía clara la ascendencia y descendencia de los animales tenidos por engendros directos del mundo inorgánico. Todos los sabios están acordes ¹ en que, á partir de la creación del mundo, por un

1 Todavía en este siglo Pouchet se manifestaba ardiente partidario de la generación espontánea, por lo que hace á los microbios; pero Pasteur, en sus célebres comunicaciones á la Academia, demostró el origen y multiplicación de los microorganismos y estableció para siempre la teoría de las fermentaciones.

fiat del Omnipotente, no se ha dado ejemplo alguno de engendrarse un sér vivo por generación espontánea.

La *heterogenesis*, ó sea la generación de seres vivos con especie distinta de la de sus progenitores, también ha sido refutada victoriosamente en este y en los dos últimos siglos, y por oposición ha quedado firme y valdero el principio de la herencia, que declara para los hijos la especie de los padres.

La llamada *necrogenesis*, ó engendro de seres vivos á expensas del cuerpo de otros privados de vida, es una mera variante de la generación espontánea y tan desprovista de fundamento como ella, pues para el caso tan inerte es la materia de un cadáver como la de un mineral. Siempre venimos á parar á lo mismo; todo sér vivo es engendrado por otro de igual especie.

Mecanismo de la reproducción. — La potencia reproductora es esencial á los seres organizados, cualquiera que sea su altura ó complicación anatómica. Todo organismo que se reproduce, lega al engendro la misma tendencia reproductora que él poseía; y de esta suerte, las especies se dilatan en el tiempo, pese á la breve vida de los individuos.

Esta potencia reside en el protoplasma y se manifiesta como tendencia irresistible á la división, pero sus alcances serían menguados si no se ayuntaran ó conjugaran unos individuos con otros para combinar sus energías y producir descendientes robustos y fecundos. Dicha conjunción aparece en seres simplísimos, sin asomo de sexualidad (protozoarios), y demuestra la eficacia del ayuntamiento para regenerar la potencia reproductora, que se debilita ó agota en fuerza de ejercitarse.

Los seres vivos tienden á conservarse (nutrición), se acomodan á las circunstancias (relación) y se multiplican (reproducción); mas si se atiende al fondo de estas tres clases de funciones, pronto se echa de ver que son aspectos distintos de una sola función, la vida, que surge victoriosa en la lucha con el medio cósmico. Si en los seres superiores las tres clases de funciones aparecen distintas, es porque están servidas por aparatos diversos; mas para estudiarlas confundidas, tómese por ejemplo un protozoo: la masa de protoplasma que le forma atrae la materia

cósmica y la asimila, aumenta de volumen y crece, es excitable y contráctil; si la dividimos, cada una de las partes vive y prospera por su cuenta, y semejante división tanto implica una restauración del individuo como una multiplicación. En suma, en los protozoarios todas las funciones se confunden y pertenecen al protoplasma.

Y es digno de cuenta que, aun en los seres superiores, el hombre, por ejemplo, las aptitudes nutritivas, funcionales y reproductoras pertenecen al individuo en totalidad y á cada una de las células que le constituyen, sólo que la mayor división del trabajo fisiológico y la unidad más intensa, merma mucho las funciones parciales en provecho de la función individual. Una célula, entre todas las del cuerpo de la hembra, el huevo, y otra célula, también especial por parte del varón, se requieren para el engendro humano; y, sin embargo, ni el espermatozoide ni el huevo dejan de poseer aptitudes nutritivas y funcionales, ni está vedada la multiplicación ó reproducción parcial á las células epitelicas, conjuntivas, hemáticas y nerviosas. Hay especies intermedias (animales y vegetales) en las que se da juntamente la reproducción individual por células sexuales fecundadas y por cualquiera otra no fecundada; estas especies partenogénéticas, como veremos luego, establecen el tránsito entre la generación asexual y la sexual.

Los padres no legan directamente al engendro su forma corporal; porque si así fuera, éste sería una miniatura de aquéllos; tampoco le prestan la materia de que se ha de formar, sino la precisa para conducir el impulso generativo y atender á las primeras necesidades, mientras la cría puede vivir por su cuenta; ni, en fin, le transmiten la totalidad de las energías que ha menester para su desarrollo y constitución, pues el engendro se las proporciona transformando la materia de que se nutre: lo único que los padres prestan á los hijos en el acto de la generación, es nuevo impulso y dirección específica.

Tanto el protoplasma indiferente como el diferenciado (huevo y espermatozoide) traen impulso generativo propio, puesto que proceden de una división ó segmentación anterior; pero este impulso no basta en la mayoría de los casos para acabar la obra de la generación, que quedaría frustrada si no se ayuntaran los in-

dividuos unos con otros, para prestar al germen nuevo y eficaz impulso. Por esta causa el acto de la generación se ha unido siempre al de la fecundación; pero no se olvide que la primera iniciativa corresponde al protoplasma.

Formas de la generación. — Aunque en lo fundamental el mecanismo de la generación es idéntico para todos los seres, el procedimiento varía en las diversas especies. La primera y más aparente diferencia estriba en que unas pueden reproducirse sin asomo de órganos sexuales y otras están provistas de sexos: en aquéllas, una célula se basta para reproducir al individuo; y en las sexuales, la generación no se verifica sin que una célula llamada semen fecunde á otra, que recibe el nombre de óvulo.

Reproducción asexual. — Pertenece á los protozoarios y ofrece tres procedimientos, á saber: la fisiparidad ó división simple, la gemmación ó botonamiento, y la esporulación.

La *fisiparidad* de los protozoarios se verifica de un modo análogo á la de las células: cuando poseen núcleo, la división comienza por él, y en todos los casos el cuerpo del individuo se estrangula y cada una de las partes concluye su desarrollo. Unas veces, la división es completa y los nuevos individuos viven por su cuenta; otras, la división es incompleta y los individuos constituyen una colonia. La división se hace, las más veces, en la dirección transversal, pero en algunos casos (protozoarios flagelados) se verifica en la longitudinal.

Las células se reproducen algunas veces (las menos) por división simple ó segmentación directa, y por lo general por segmentación indirecta, *mitosis* ó *kariokinesis*: en la primera forma, la célula se divide sin que á su segmentación precedan modificaciones en el núcleo; en la segunda, la división comienza por el núcleo, y éste, antes de segmentarse, ofrece los curiosos cambios de estructura que enseña la figura 135.

La *gemmación* consiste en la producción de un brote ó yema, el cual se separa del cuerpo matriz y se convierte en un nuevo

individuo: unas veces el brote es único desde el principio al fin del proceso; otras se divide, pendiente aún del cuerpo de la madre, y cada segmento produce un hijo.

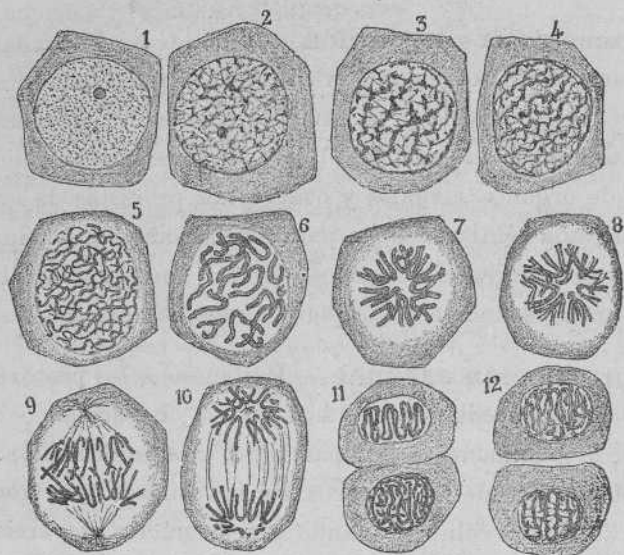


Figura 136.

Células epiteliales en vías de división kariokinética de la piel de las larvas del *Pleurodeles Waltii*¹.

La *esporulación* representa un progreso, si se la compara con la fisiparidad, y constituye una especie de gemmación interior ó endógena: el cuerpo del protozooario se apelotona, retrae ó encoge sus apéndices, y se rodea de su cutícula á modo de quiste; entonces se divide en porción de masas ó eférulas nucleadas, los esporos, capaces de convertirse en individuos perfectos cuando quedan en libertad por ruptura de la membrana envolvente. La

¹ 1, descanso; 2, reticulación fina; 3, reticulación gruesa; 4, reabsorción del núcleo y fase glomerular; 5, ovillo laxo; 6, horquillas; 7, estrella madre; 8, división longitudinal (vista polar); 9, metakinesis; 10, estrella hija; 11, ovillo hijo; 12, segmentación del protoplasma. (S. Ramón y Cajal).

esporulación va precedida muchas veces de la conjunción ó ayuntamiento de los individuos.

Reproducción sexual. — La sexualidad se inicia en los mesozoarios, los más simples entre los metazoarios, y se extiende hasta la especie humana. La reproducción sexual exige, como hemos visto, la fecundación del producto de la hembra por el del macho; pero no es indispensable que cada uno de ellos resida en individuos distintos, pues hay muchos que poseen los dos sexos y pueden fecundarse á sí mismos. Estos individuos, llamados hermafroditas ¹, abundan mucho entre los invertebrados (gusanos, moluscos, etc.), y no faltan ejemplos en los vertebrados (teleósteos y ciclóstomos).

Además de este hermafroditismo absoluto ó verdadero, hay otro relativo, y como tal susceptible de varios grados. Unas veces el individuo posee los dos sexos en pleno desarrollo, pero no puede funcionar á la vez con los dos ó sólo funciona como macho ó como hembra; otras, el hermafroditismo es aparente y se refiere á los conductos y anejos sexuales; y otras, en fin, sólo quedan vestigios del sexo opuesto. Letamendi opina ² que los seres superiores son hermafroditas relativos, en los que uno de los sexos domina; pero el sexo vencido jamás se extingue por completo.

Para que la fecundación tenga lugar, es preciso que las dos células sexuales se atraigan recíprocamente, y esta afinidad está sujeta á multitud de influencias, muchas de ellas desconocidas. Entre las que conocemos, la más decisiva es la semejanza de los individuos que se ayuntan, y puede afirmarse en general que la fecundación alcanza sus mayores éxitos entre individuos de una misma especie. Cuando el ayuntamiento se verifica entre células de un solo individuo hermafrodita (auto-fecundación) ó de indi-

1 Hermafrodita, hijo de Hermes (Mercurio) y Afrodita (Venus), que heredó el vigor del padre y las gracias de la madre. También se le llamó Androgino, esto es, hombre y mujer.

2 Letamendi: *La verità sulle aberrazioni ei delitti nell'ordine sessuale*, comunicación al XI Congreso internacional celebrado en Roma; Madrid, 1894.

viduos de distinta especie ó género (generación híbrida), los engendros pocas veces logran su desarrollo normal, y si lo alcanzan son estériles.

Partenogénesis y generación alternante. — La partenogénesis ¹ ó generación virginal tiene lugar en ciertos individuos que engendran hijos sin necesidad de ser fecundados. En algunos casos, las abejas, por ejemplo, la hembra madura (reina) pone simultáneamente huevos fecundados, de los cuales salen las obreras, y sin fecundar, que producen machos ó zánganos; en otros, como en los cestodos (tenias), alternan la generación asexual y la sexual.

La partenogénesis establece el tránsito entre la generación sexual y la asexual, y tiene como análoga, en las plantas, las que se reproducen á la vez por semillas y por yemas ó estacas, el naranjo, por ejemplo.

Reproducción intransitiva é individual. — Antes hemos establecido las íntimas relaciones entre la restauración y la reproducción: la primera merece el nombre de reproducción intransitiva, porque se refiere á la multiplicación de las células de los tejidos para regenerar las que se pierden por desgaste (epitelios, glóbulos de la sangre) ó por lesión traumática (restauración.)

La reproducción intransitiva se confunde con la individual en los animales de unidad laxa, y se encuentra muy restringida en los vertebrados superiores y en el hombre: éste puede restaurar ciertos tejidos, como el epitelial, el hemático, el vascular y el conjuntivo, pero no los órganos de estructura compleja, como los ojos, las glándulas y los ganglios. Por lo que hace al mecanismo de la restauración, es análogo al de la reproducción y se verifica por segmentación ó multiplicación de las células preexistentes, produciéndose un tejido embrionario, á cuyas expensas,

1 De παρθένος, virgen; y γέννω, engendrar.

y por diferenciación ulterior, se repara la pérdida de substancia. Para que nada falte á la analogía, ya hemos visto (pág. 508) que el tiroides viene á ser á la reproducción intransitiva lo que las glándulas sexuales á la generación.

Hipótesis sobre los sexos. — Maravilla, en verdad, que en los animales superiores, además de la sexualidad latente, amorfa (Letamendi) y parcial, propia de las células que los componen, haya otra sexualidad aparente servida por órganos especiales y destinada á la generación.

Ignoramos el por qué de concentrarse en el huevo todas las energías de la madre, y en el espermatozoos todas las del padre, para resultar de la fusión de ambos productos, en el acto de la fecundación, un germen con actitud de desarrollarse y constituir un nuevo individuo semejante á sus progenitores. Este acto, el más trascendental de la generación, es un misterio que en vano se ha tratado de explicar por diversas hipótesis.

La sexualidad aparente es un fenómeno que se ofrece muy pronto en los seres de ambos reinos, cuando todavía la sexualidad latente ó amorfa se basta para producir un individuo (partenogénesis.) De esta temprana aparición es lógico deducir, y ya lo hemos deducido, que el ayuntamiento de dos seres es preciso para regenerar ó robustecer la potencia generadora, que se agota en fuerza de reproducciones.

Brook opina que en el huevo se contiene el carácter específico ó constante, y en el esperma la variación individual; pero esta hipótesis pugna con la observación, pues los hijos tanto sacan los rasgos individuales del padre como los de la madre.

Weismann dice que de la fusión del producto masculino con el femenino resulta en los hijos una mezcla de los caracteres del padre y de la madre.

Geddes y Fothergill suponen que el macho es un organismo en el cual el consumo supera al ingreso (catabolismo), y en la hembra, por el contrario, el ingreso monta más que el consumo (anabolismo): resulta de la fusión de los dos productos sexuales, que ambos se completan y que el

femenino presta la energía necesaria á la reproducción. Esta hipótesis se sustenta en hechos no demostrados, y luego, de puro vaga, nada enseña.

Cattaneo ¹ juzga que la sexualidad obedece al principio de la división del trabajo fisiológico, pues no pudiendo pesar sobre una sola célula toda la labor reproductora de los seres complejos, se localiza en el huevo la función nutritiva y en el espermatozoide la segmentativa. No quiere esto decir, añade el profesor de Génova, que el huevo esté desprovisto de aptitudes organizadoras hasta el punto de ser una masa de materia plástica, pues la herencia de los caracteres maternos prueba lo contrario; tampoco el zoospermo carece de protoplasma, pero en él domina la tendencia germinativa. De estas consideraciones concluye Cattaneo que la sexualidad no es más que un grado de perfeccionamiento respecto de la agamicidad. Esta hipótesis es algo más precisa que las anteriores, y conviene con la de Hertzvig, el cual niega al huevo y al espermatozoide el carácter sexual que les atribuye Beneden ². Pero con ninguna de ellas se explica el mecanismo íntimo de la reproducción del hombre, y en este punto precisa repetir la frase del veterano Dubois-Raymond: *ignoramus, ignorabimus*.

1 Cattaneo: *Embriología é Morfología générale*, Milano, 1895.

2 Beneden opinó que los huevos y las células espermáticas eran hermafroditas antes de alcanzar la madurez, y luego adquirían carácter sexual mediante expulsar los huevos los elementos masculinos de su núcleo (glóbulos polares) y los espermatozoides á los femeninos. Esta hipótesis quedó sin fundamento con la demostración de que los glóbulos polares son células-huevos rudimentarias.

Lección XCI.

Fecundación.

Sumario : Pubertad. — Fecundación. — Esperma y espermatozoos. — Eyaculación. — Huevo. — Ovogénesis y glóbulos polares. — Teoría de la fecundación. — Menstruación.

Pubertad. — Antes que el hombre y la mujer hayan completado su desarrollo orgánico y alcanzado la talla definitiva, los órganos genitales y sus anejos logran su actividad y comienza la vida sexual. El niño y la niña se convierten respectivamente en hombre y mujer, y experimentan cambios muy notables en sus caracteres anatómicos, fisiológicos y psicológicos.

El ejercicio sexual abarca un largo período en los humanos, mayor en el hombre que en la mujer: en ésta se inicia con la aparición de los menstruos, y en aquél con la aptitud fecundante. La pubertad comienza más pronto en la mujer que en el hombre, y en ambos varía según la influencia de la raza, del temperamento, de la educación y del clima. En los cálidos, la mujer es nubil entre los 8 y los 12 años; en los fríos, y para las razas del Norte, entre los 12 y los 16. El hombre logra la pubertal desde los 12 á los 17.

En el hombre, y aparte del desarrollo y de la actividad de los genitales, se anuncia la pubertad por un cambio de carácter; el niño deja de ser egoísta y se convierte en altruista, sobre todo para el sexo bello; se despierta el instinto genésico, cambia la voz, haciéndose más grave (una octava más baja) y ronca; cúbrese de pelos el pubis, la axila y la cara; y la forma del cuerpo deja de ser redonda para adquirir los rasgos varoniles.

La nubilidad se anuncia en las mujeres por la aparición del pudor, que es un sentimiento nacido de la necesidad de guardar lo que puede perderse; anímase la fisonomía; desarróllanse y hácense sensibles las mamas; cúbrese de pelos el pubis y las axilas; redondéanse las formas y aparece la primera regla en medio de disturbios fisiológicos que resultan de la lucha por el predominio entre los genitales y los demás órganos.

Hacia los 45 ó 50 años, las mujeres pierden con las reglas la fecundidad: los genitales internos (ovarios y matriz) se atrofian y cesa la actividad de la glándula mamaria: este período, opuesto al de la pubertad, no está exento de peligros para la mujer, y por eso quizá se le llama crítico. También recibe el nombre de menopausia.

En el lapso de tiempo que abarca en la especie humana la actividad sexual, las funciones en general, y singularmente las intelectuales y afectivas, logran su máximo esplendor: el hombre en esta época procura para sí y para su descendencia, que en verdad constituye una prolongación de su propia vida. Se ha dicho que el amor es un accidente para el hombre, mientras que llena la vida entera de la mujer; pero si bien se mira, entrambos cónyuges comparten el cuidado de los hijos con igual solicitud; lo que ocurre es que la madre, por llevar á su hijo nueve meses en sus entrañas, parirle, lactarle y educarle después, cumple con más rigor y asiduidad los deberes que le impone la generación.

Fecundación.—Es el acto esencial de la generación, y consiste en la combinación de los impulsos generativos del padre y de la madre para producir un hijo. Morfológicamente considerada, la fecundación aparece como una fusión de dos células (huevo y espermatozoide), ó mejor dicho, de los núcleos de las dos células sexuales.

Ya hemos dicho que es un misterio la generación: de ella sólo alcanzamos lo aparente, y en la apariencia lo más interesante es la fusión de las células sexuales. He aquí cómo Hertwig explica esta fusión ¹: «En el acto de la fecundación se fusionan: 1.º, can-

¹ Hertwig: *La cellule et les tissus*, traduit par Juliü. — París, 1894, página 248.

» tidades equivalentes de substancia nuclear coloreable (nucleína); y 2.º, las dos mitades de un corpúsculo central macho » con las mitades correspondientes de un corpúsculo central femenino. La substancia nuclear coloreable del macho y de la hembra son, en lo que concierne á su masa y al número de segmentos nucleares que engendran, la mitad de lo que en realidad constituye el núcleo normal; mas en el acto de fusionarse, » se reconstituyen y completan dicho núcleo.»

Estudiaremos sucesivamente la célula masculina y la femenina, el acto de la fecundación y los fenómenos que de ella derivan.

Semen. — Es un líquido complejo, en el que se contienen los espermatozoides ó célula masculina: el semen se expulsa por la uretra en el acto de la eyaculación.

El semen ó esperma es un líquido espeso, pegajoso, más denso que el agua, de color blanco que tira á amarillo, de olor especial, como á flor de castaño, y de reacción neutra ó alcalina. Se coagula espontáneamente en grumos, y cuando se le deja en reposo en el agua produce unos cristales romboédricos, los cuales aparecen constituidos por un fosfato cálcico unido á una base orgánica, la *espermina*.

El semen procede de la secreción de los testículos, y se complica con otros líquidos segregados por las glándulas de los conductos excretores (glandulillas de los conductos del epididimo y del deferente, líquido prostático, y de las vesículas seminales y glándulas de Cowper).

Los elementos más interesantes del semen son los zoospermos ó espermatozoides.

Espermatozoos del hombre. — Es una pequeña célula flagelada en figura de filamento, cuya parte más abultada, llamada cabeza, la constituye el núcleo; detrás de la cabeza se en-

cuenta una porción llamada pieza intermedia ó cuerpo, y después el flagelo ó apéndice caudal. El espermatozoos mide 60 μ de longitud, y abundan tanto, que en 1 mm. c. de esperma se cuentan 60.900, ó sea 850 millones por cada óvulo maduro (Landois).

El carácter más visible de los espermatozoides es la movilidad: muévense á favor del flagelo, que, como está fijo á la parte posterior del cuerpo, los impulsa hacia adelante. Según Hensen, se producen ondas que progresan de delante atrás, de tal suerte, que toda sección transversal de la cola pasa sucesivamente por dos posiciones extremas. Gracias á este movimiento vibratorio, el espermatozoide progresa á razón de 0^{mm},15 á 0^{mm},5 por segundo (Henle).

El espermatozoide, aunque conserva su vitalidad por mucho tiempo (hasta setenta días según los experimentos de Mantegazza con los de rana), muéstrase muy susceptible á los agentes físicos y químicos: su elemento natural es el semen y los líquidos que bañan los genitales femeninos, con tal que no estén alterados (acidez). Después de eyaculado el semen, y sin

duda por la acción excitante del aire, los movimientos de los zoospermos son más activos; pero el calor ó el frío excesivos, la disolución en el agua ó la concentración del líquido, las sales metálicas y los álcalis ó ácidos concentrados, les son fatales. Las disoluciones de sales ó de álcalis muy diluidas favorecen sus movimientos: el frío suspende su actividad,

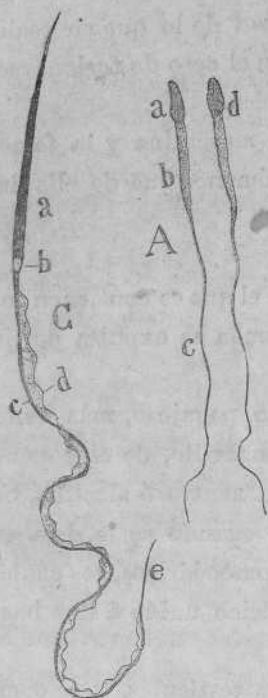


Figura 137.

A, Zoospermos humanos; C, Idem de salamandra maculosa 1.

1 (Figura A): a, cabeza vista de perfil; d, cabeza vista de frente; b, cuerpo; c, cola. (Figura C): a, cabeza; b, cuerpo intermediario; c, cola; d, membrana movable espiral. (S. Ramón y Cajal.)

sin destruirlos, y el calor los destruye cuando la temperatura excede de 43°.

Los espermatozoides contienen una gran cantidad de sales térreas y pueden ser calcinados en un cristal porta-objetos sin perder su forma (Valentín).

Los zoospermos derivan de la metamorfosis de ciertas células poliédricas ó redondeadas que se encuentran en el tubo seminífero casi en estado de libertad (S. Ramón y Cajal). Dicha metamorfosis (figura 138) comprende tres fases: 1.^a *Fase de formación de los gérmenes seminales*, los cuales se producen por división mitótica de las células poliédricas; 2.^a *Fase de injerto ó de copulación*: una de las células de la división anterior emigra hacia adentro y se transforma en zoospermo embrionario ó célula sémino-formadora, y luego ésta se alarga y se fija (injerto) á una de las células de sostén más inmediata. Estas últimas sirven de placenta ó seis á diez corpúsculos sémino-formadores; 3.^a *Fase de transformación de la célula sémino-formadora en zoospermo adulto* ¹.

Los tubos seminíferos, parte fundamental del testículo, son flexuosos y larguísimos: cerca del vértice del lobulillo, los tubos se hacen rectilíneos y se reunen para formar un tubo seminífero recto, el cual se anastomosa con los que proceden de los otros lóbulos, constituyendo una red en el cuerpo de Higmoro. De dicha red parten los tubos que forman el epididimo, y el conducto de éste se continúa con el deferente. En los conductos seminíferos encuéntranse dos clases de células: las de sostén, que sirven de placentas á los zoospermos, y las redondeadas, que por división producen las células sémino-formadoras.

Eyaculación.—El esperma segregado por los testículos camina lentamente por los conductos deferentes, y va depositándose en unos reservorios musculares, las vesículas seminales. En este primer tránsito, el líquido camina por la *vis à tergo* y por la contracción de las fibras musculares de los conductos; las células vibrátiles del conducto del epididimo coadyuvan á la progresión. Dispuesto el líquido, es lanzado por oleadas en el acto de la eyaculación, gracias á las poderosas contracciones sistólicas del músculo bulbo-cavernoso, y he aquí el mecanismo de la

1 S. Ramón y Cajal, *Histología*, pág. 428.

expulsión. Por excitación venérea de origen cerebral ó reflejo, el pene se erige y el conducto de la uretra, que es virtual en estado de reposo, aparece franco y desembarazado; en esta situación surge una onda espasmódica en los conductos deferentes que inyectan el líquido en las vesículas; éstas también se contraen, y al tocar el líquido la sensible mucosa de la uretra, producense contracciones rítmicas del músculo bulbo-cavernoso, y la eyaculación se concluye.

Huevo humano. — Constituye la célula más voluminosa del organismo ¹ (de 0mm,18 á 0mm,2 de diámetro), de forma esfé-

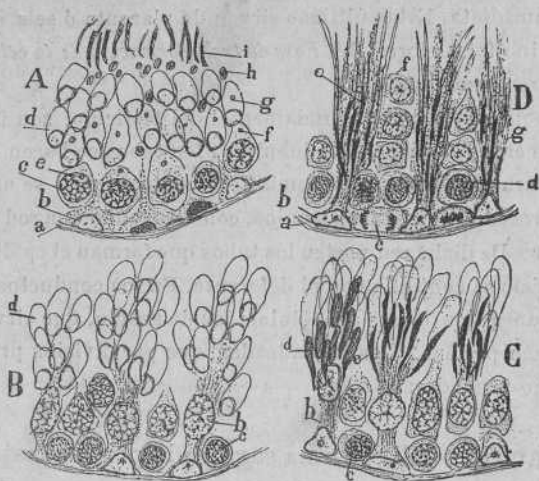


Figura 135.

Espermatogénesis de la rata blanca según Cajal ².

1 Es de notar la diferencia que en punto á tamaño separa la célula del macho de la de la hembra; esta última, según Hertwig, contiene cien mil veces menos protoplasma que la primera; en cambio las cantidades de substancia nuclear activa son equivalentes para entrambas células, según antes dijimos.

2 A. Fase en la cual se diferencian las células semíniferas (d); b, células de sostén todavía poco aparentes; c, células germinales. B. Fase en la cual las células de sostén han entrado ya en copulación con las semíniferas ó zoospermos rudimentarios; d, semíniferas; b, células de sostén. C. Fase en la cual las células semíniferas se convierten en zoospermos; d, zoospermo embrionario; b, célula de sostén. D. La fase anterior, pero todavía más adelantada; e, cabeza de un zoospermo; g, célula de sostén con un racimo de espermatozoides.

rica y de constitución compleja; se describen en ella: una membrana de cubierta, gruesa, resistente y elástica, llamada membrana vitelina; un contenido ó protoplasma granuloso, el vitelus; un núcleo, vesícula germinativa ó de Purkinje, y un nucleolo, ó mancha germinativa.

El óvulo deriva probablemente del epitelio germinativo, que reviste la superficie del ovario y se desarrolla en una vesícula llamada de Graaf. Ésta se encuentra en la capa cortical del ovario; y por lo que hace á su desarrollo, es paralelo al del huevo. S. Ramón y Cajal ¹ lo describe en tres fases: 1.^a *Fase de folículo primordial*. — El óvulo aparece como una célula redondeada ó poliédrica, de reducido tamaño y rodeada por otras aún más pequeñas, aplastadas é irregulares, que representan el primer esbozo

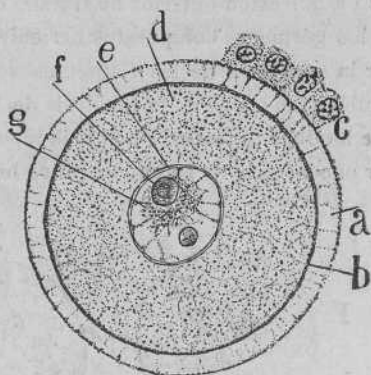


Figura 139.

Óvulo casi maduro de coneja, según Cajal ².

de la zona granulosa ó peri-ovular. 2.^a *Fase de vesícula embrionaria*. — El óvulo crece y se rodea de dos membranas: una fina y granulosa, llamada *primordial* y otra espesa, la membrana *secundaria* ó *zona pelúcida*. En torno del óvulo las células epiteliales se multiplican y las hijas le rodean. 3.^a *Fase de la vesícula madura*. — La vesícula de Graaf se desarrolla mucho, y crece sobre todo hacia afuera; la formación epitelial que rodea al óvulo aumenta, y en el seno del epitelio producen varios espacios llenos de plasma: estos espacios crecen y acaban por confluir en uno mayor que separa dos zonas epiteliales: la granulosa ó periférica, y la interna ó cúmulo ovígeno que rodea inmediatamente al huevo. El huevo completa su madurez y aparece con los caracteres antes expresados.

La madurez del óvulo va precedida de una bipartición de la célula, aná-

¹ S. Ramón y Cajal, *Histología*, pág. 431.

² a, Membrana aislable ó cápsula; b, membrana fundamental; d, protoplasma; g, núcleo; e, membrana nuclear; f, nucleolo; c, capa epitelial interna que parece enviar expansiones á través de la cápsula.

loga á la que hemos estudiado en las células espermatógenas, sólo que en el huevo, á diferencia de las últimas, la división se hace en dos partes desiguales y la menor jamás alcanza desarrollo. Estos productos frustrados de la doble partición del óvulo, constituyen los *glóbulos polares*, cuya eliminación aparece en todas sus fases en la figura 140, juntamente con el proceso de la conjugación de los productos del macho y de la hembra. Ya en la lección anterior he tratado de la hipótesis de Beneden que veía en los gérmenes compuestos hermafroditas cuya sexualidad se polarizaba por la expulsión de los elementos sexuales opuestos (glóbulos polares); también me ocupé de la hipótesis de Weismann sobre la parte del germen que ha de expulsarse, y no he de repetir que sigo la hipótesis de Hertwig, por encontrarla de acuerdo con los hechos.

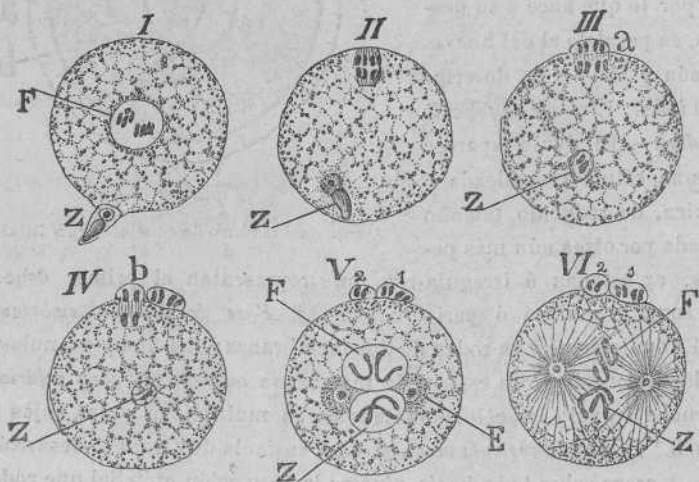


Figura 140.

Fases del proceso de la conjugación y del de la eliminación de los corpúsculos polares en el óvulo del *ascaris megalocephala*, según Hertwig ¹.

¹ F, núcleo femenino; Z, zoospermo ó núcleo derivado del zoospermo; E, esfera atractiva; a, formación del primer corpúsculo polar; b, formación del segundo corpúsculo polar.

Fase I. El zoospermo Z, penetra en el óvulo. — Fase II. El núcleo del óvulo se prepara para eliminar el primer corpúsculo polar. — Fase III. Eliminación del primer corpúsculo polar y transformación del zoospermo en un núcleo. — Fase IV. Eliminación del segundo corpúsculo polar y transformación del núcleo masculino en un núcleo en descanso. — Fase V. Aproximación de los núcleos masculino y femenino con dos asas cromáticas cada uno. — Fase VI. Formación de una estrella madre con las cuatro asas cromáticas, de las que dos son masculinas y dos femeninas.

Teoría de la fecundación. — Los dos elementos sexuales, espermatozoide y huevo, son activos, pues entrambos aportan en sus respectivos núcleos las energías generativas del padre y de la madre; mas para que la fusión se realice, es preciso que se encuentren, y el encuentro tiene lugar, de ordinario, en el tercio externo de las trompas. El mecanismo de la fecundación estriba, pues, en esa fusión, y comprende un acto preliminar: la cópula; y un resultado: la fusión de los dos núcleos, ó fecundación propiamente dicha.

Cópula. — Consiste en la introducción del pene en la vagina para depositar el semen en los umbrales de la matriz; ésta, por un mecanismo de aspiración, atrae al líquido fecundante, y los espermatozoides, á favor de su movimiento propio, ascienden por el interior de la matriz y de las trompas hasta que encuentran el huevo ¹.

Durante la cópula, y por mecanismo reflejo, se producen una serie de ondas peristálticas desde la extremidad ovárica de las trompas hacia la matriz: ésta y sus ligamentos redondos entran también en contracción (sístole), y de todo ello se sigue un movimiento de propulsión y descenso del órgano; luego, al relajarse (diástole), aspira el semen depositado en su orificio. Durante el sístole del paroxismo venéreo, las glándulas mucosas segregan en abundancia, y la expulsión de este líquido mucoso por la contracción de la vagina (músculo constrictor de la vagina) simula una eyaculación.

Cuatro hipótesis se han propuesto para explicar la progresión del espermatozoide desde el orificio externo del útero hasta las trompas, en donde tiene lugar la fecundación; una de ellas es la de la aspiración antes citada; otra encomienda el progreso á los movimientos activos del zoospermo; otra se fija en los movimientos de las pestañas vibrátiles del epitelio; y otra, en fin, explica el acceso del espermatozoide por un fenómeno de capilaridad. Las cuatro teorías cuentan con hechos á su favor; pero pecan de exclusivistas, pues, como dice Auvard ², los cuatro factores, aspiración, movi-

1 La penetración del espermatozoide puede verificarse artificialmente cuando un obstáculo patológico lo impida.

2 Auvard, *Tratado práctico de partos*, trad. de Planellas, pág. 23.

mientos del zoospermo, ondulación vibrátil y capilaridad, deben influir en la progresión del esperma.

Más difícil de explicar resulta el recorrido del huevo desde el ovario hasta el tercio externo de las trompas; pues ni el camino es fácil, ni está exento de peligros, porque algunas veces cae el huevo en la cavidad abdominal. Ninguna de las hipótesis propuestas para explicar la emigración del huevo satisface por completo; quién, ha supuesto una adaptación por mecanismo erectil entre el pabellón y el ovario (Haller); quién, opina que el huevo sale del ovario como un proyectil dirigido á la trompa (Kehrer); quién, en fin, admite que el huevo es arrastrado por la sangre ó serosidad que se derrama en el momento de la postura (Becken).

La fecundación puede verificarse en cualquiera de los días que median entre postura y postura; pero alcanza mayores probabilidades en los que inmediatamente la preceden ó siguen.]

Al encontrarse los espermatozoides con el huevo maduro y libre en la cavidad de la trompa, le rodean y tratan de penetrarle por la membrana vitelina; uno de ellos logra atravesarla, y luego que se pone en contacto con el vitellus, éste parece que le atrae, formándose una eminencia, llamada *cono de atracción*. Inmediatamente el espermatozoide trata de aproximarse al núcleo, se despoja de su protoplasma (cuerpo y cola), y queda convertido á su vez en un núcleo (la antigua cabeza). Á este núcleo se le conoce con el nombre de *pronúcleo macho*, por oposición al núcleo del huevo maduro (después de la expulsión de los glóbulos polares), que se designa *pronúcleo hembra*; el primero toma un aspecto estrellado y se confunde completamente con el segundo, dando lugar al único núcleo del huevo fecundado. Á partir de este momento, comienza la segmentación, cuyo estudio compete á la Embriología.

Menstruación. — La postura del huevo se repite en las mujeres cada veintiocho ó treinta días, y va acompañada de fenómenos muy notables: entre ellos, el más interesante es la hemorragia, tanto, que para el vulgo menstruación y hemorragia son términos sinónimos.

La hemorragia se produce en las trompas y en el cuerpo de la matriz, y en casos excepcionales procede de la vagina (persistencias de las reglas despues de la histerectomía vaginal): la sangre sale por la vulva, es obscura, muy carbónica y ofrece, en general, los caracteres de la venosa. La hemorragia dura de tres á seis días, y la cantidad de sangre expulsada oscila entre 50 y 500 gramos. (Auvard).

El mecanismo de la hemorragia no se conoce exactamente: desde luego es cierto que la precede y la acompaña una congestión; mas por repletos que esten los vasos, la sangre no se derrama si las paredes están íntegras y no es suficiente para romperlas, el exceso de presión. Hay necesidad de admitir que, á la vez que la mucosa se congestiona, se esfolia ó se altera de algún modo para que la hemorragia se verifique. Unos autores pretenden que la esfoliación de la mucosa es total, corión y epitelio (Williams); otros dicen que sólo se muda el epitelio (Leopold), y no falta quien niegue toda lesión. (Sinety).

La hemorragia es un fenómeno estrechamente ligado á la ovulación; pero ésta puede verificarse sin aquélla, y á la inversa. Quiere decir que la relación no impone la dependencia, sino que la congestión y la hemorragia disponen la matriz para que la fecundación tenga éxito.

Al propio tiempo que la matriz se congestiona y sangra, plié-gase su mucosa para que el huevo fecundado agarre en cualquiera de los pliegues.

Preceden y acompañan á la menstruación otros fenómenos fisiológicos, entre los cuales merecen citarse: la menor exhalación de ácido carbónico, la aceleración de pulso, las ojeras, y un cambio de carácter por aumento de excitabilidad.

Gestación y parto. — Son de tal importancia los fenómenos fisiológicos que al embarazo y parto se refieren, que á ellos dedica nuestro plan vigente de estudios un curso especial: por esta razón traslado á mis lectores á los libros de Obstetricia.

The first step in the process of the formation of the embryo is the fertilization of the egg cell by the sperm cell. This process takes place in the oviduct, where the egg cell is waiting for the sperm cell to arrive. Once fertilization has occurred, the resulting zygote begins to divide and develop into a blastocyst. The blastocyst then implants itself in the uterine wall, where it continues to grow and develop into a fetus. The process of embryonic development is a complex one, involving many different stages and processes. It is a process that is essential for the survival of the species, and it is one that has fascinated scientists for many years.

The second step in the process of the formation of the embryo is the development of the blastocyst. The blastocyst is a small, hollow sphere of cells that is formed after fertilization. It is the blastocyst that implants itself in the uterine wall, where it begins to develop into a fetus. The development of the blastocyst is a process that is controlled by a number of different factors, including the availability of nutrients and the presence of certain hormones. The process of blastocyst development is a critical one, as it determines whether the embryo will survive and develop into a healthy fetus.

Conclusion y finis — Este es el resumen de los puntos principales de la tesis. Se ha demostrado que el proceso de formación del embrión es un proceso complejo y esencial para la supervivencia de la especie. Se ha descrito el proceso de fertilización, el desarrollo del blastocisto y la implantación en la pared uterina. Se ha concluido que el estudio de este proceso es fundamental para comprender la biología del desarrollo humano.

ÍNDICE ALFABÉTICO

A

	Págs.
Abcisisas.....	57
Aberración cromática.....	640
— de esfericidad.....	689
Absorción.....	219
— directa de los albuminoides.....	229
— de las grasas.....	230
— de la glucosa.....	227
— de las peptonas.....	228
— por la conjuntiva.....	232
— por los intestinos delgados.....	227
— por los gruesos.....	231
— por la mucosa pulmonar..	231
— por la mucosa uretro-vesical.....	232
— por la piel.....	224
Accidentes de la anestesia.....	35
Acción antiséptica de la bilis...	199
— — del jugo gástrico.....	187
— digestiva de la bilis....	199
— — del jugo entérico.....	211
— — del jugo gástrico.....	187
— — del jugo pancreático....	207
— — de la saliva....	171
— de los músculos intercostales.....	408
— de los músculos del ojo.	679
Acidimetría.....	54
Ácido acético.....	123
— butírico.....	123
— carbónico de la sangre...	425
— — del aire espirado.....	421 y 423
— colálico.....	195

	Págs.
Ácido esteárico.....	123
— glicólico.....	195
— hipúrico.....	471
— láctico.....	124, 717, 718 y 863
— oxálico.....	125 y 472
— palmítico.....	
— úrico.....	261, 453 y 473
Acomodación.....	630
— (Amplitud de la).....	636
— (Mecanismo de la).....	633
— (Pruebas de la).....	631
— (Gobierno nervioso de la).	637
Actitudes.....	872
Afasia.....	835
Afonía.....	835
Agamicidad.....	887
Agentes que influyen en la coagulación de la sangre.....	252
Agua: sus funciones.....	448
Agudeza visual.....	652
Aire de la respiración.....	415
Albúmina.....	136, 262 y 465
Albuminoides.....	134
— (Clasificación de los)....	136
— (Naturaleza de los).....	129
— (Origen de los).....	133
— proporción en los alimentos.....	138
— (Reacciones de los).....	135
Alexina.....	265
Alcalimetría.....	54
Alcalinidad de la sangre.....	256
Alcaloides del suero.....	256
— orgánicos.....	455
Alcoholes.....	109
Alcohol etílico.....	111
Aldehidos.....	111
Alimentos: clasificación...	107 y 108
— animales y vegetales..	120, 126 y 128

	Págs.
Almidón.....	119
Alucinaciones del oído.....	615
Amílosas.....	113
Amplitud de las vibraciones....	57
— del pulso.....	347
Amperómetro de Gaiffe.....	694
Análisis de la bilis.....	194
— de los colores.....	665
— de la contracción muscular.....	714
— del estroma de los glóbulos.....	274
— espectral.....	44 y 280
— gravimétrico.....	51
— del jugo entérico.....	210
— — gástrico.....	179
— — pancreático.....	204
— de las heces.....	216
— de la leche.....	467
— del lenguaje.....	833
— de la orina.....	474
— de la saliva.....	169
— de la sangre.....	263
— volumétrico.....	53
Anelectrótono.....	639
Anestésicos: su empleo.....	32
Ángulo visual.....	626
Anomalías del aparato dióptrico.....	628
Aparatos autográficos.....	59
Aparato de la audición.....	589
Aparato de contención de Ranvier.....	30
— farádico de Ranvier.....	700
— de Franck.....	352
— nervioso de la olfacción....	582
— óptico-cerebral.....	652
— protector del ojo.....	636
Apetitos.....	851
Aplicación de los seis puntos cardinales.....	624
Aplicaciones del cálculo.....	68
Apnea.....	434
Apresiasión de la intensidad, tono y timbre de los sonidos..	612, 613 y 614
Apresiasión de la solidez de los cuerpos.....	685
— del movimiento.....	685

	Págs.
Aptitudes conductoras de los nervios.....	695
Asimilación.....	445
Astigmatismo.....	611
— Reconocimiento.....	613
Atención voluntaria.....	846
Audición biauricular.....	615
Aumento en la producción de calor.....	582
— en las pérdidas de calor..	534
Aurículas.....	8-4
Auto-observación.....	22 y 23
Automatismo.....	728
Automatismo del corazón.....	354
Autopsia de los animales.....	41
Azúcar de caña.....	115
— de leche.....	115
— de uva.....	117

B

Balace de la nutrición.....	513
Bazo (funciones del).....	493
Bilis.....	191
Bilirubina.....	196
Bipedestación.....	870
Bomba torácica.....	319
Bozal para anestesia.....	34
Broca (región de).....	836
Butilamina.....	455
Bulbo: sus funciones.....	760

C

Caja del tímpano.....	593
Cal.....	448
Cálculos sobre el calor.....	526
Calibre vascular.....	297
Calor animal.....	525
Calorímetro de Arsonval.....	527
Cambios que experimentan los músculos al contraerse.....	709
Cambios de la orina por las fermentaciones.....	470
Cambios respiratorios.....	421 y 424
Campímetro de Landolt.....	675
Campo visual.....	674

Determinismo de los fenómenos	14
— (Sus reglas).....	15
Dextrina.....	114
Diabetes pancreática.....	488
Diafragma.....	406
Diálisis.....	49
Diapedesis.....	289
Diapasón.....	63 y 66
Diástole arterial.....	343
Dierotismo del pulso.....	344
Dieta exclusiva por los albumi- noides.....	520
— — por los carbohi- dratos y gra- sas.....	520
Diferenciación de las sensacio- nes.....	562
Difusión gaseosa.....	404 y 424
Digestión bucal.....	167
— estomacal.....	177
— intestinal.....	191
Digestiones artificiales.....	189
— artificiales con el jugo pancreático.....	207
Dilatación del tórax.....	406
Dinámica del globo ocular.....	677
Dinamógrafo.....	869 y 871
Dinamometría.....	868
Dióptrica ocular.....	620
Dirección y distancia de los so- nidos.....	611
Disnea.....	433 y 498
Distribución de la sangre.....	351
Doble carácter funcional de la médula.....	734
Doctrina biológica de Leta- mendi.....	73
Dolor.....	572 y 745
Dosificación del nitrógeno de la orina.....	476
— de la urea de la sangre... ..	264
Duración de la revolución car- diaca.....	311
— de la circulatoria.....	338

E

Economía del calor.....	583
Ecuación general de la vida...	73

Efectos de la excitación de los nervios vagos.....	365 y 431
— de la excitación de los tu- bérculos cuadrigémi- nos.....	764
— de la excitación y arran- camiento del ganglio cervical superior del simpático.....	384
— de la respiración sobre la circulación.....	320 y 321
— de la ablación del cere- bro.....	754
— de la destrucción de los tubérculos cuadrigémi- nos.....	765
— de la inanición.....	517
— de la privación de agua..	519
— de la privación de sales minerales.....	519
— de la tiroidectomía.....	496
Elasticidad de los músculos...	704
— de los vasos.....	299
Elección de los animales.....	24
Eléctrodos impolarizables.....	698
Electrótono.....	699
Elementos impresionables de la retina.....	649
Emetropía.....	628
Emoción.....	849
Empleo de las corrientes indu- cidas.....	701
Energía específica de los ner- vios.....	564
Energías liberadas.....	522
Ensimismamiento.....	850
Ensueños.....	860
Esferas funcionales del cerebro.	814
Esfigmógrafo directo de Marey.	345
Esfigmógrafo de Dudgeón.....	349
— de transmisión.....	348
Espectro de la hemoglobina...	279
Espermatogénesis.....	897
Espermatozoos.....	895
Esporulación.....	888
Esquema del arco reflejo.....	551
— de las corrientes ópticas.	651
— del cruce de las fibras óp- ticas.....	655

	Págs.
Esquema del bulbo olfatorio...	582
— de la emoción.....	853
Estadísticas.....	71
Estado de las funciones en el sueño.....	858
Estática del globo ocular.....	676
Estesiometría.....	570
Estómago (movimientos del).. — (ácidos del).....	155 179
Éter.....	37
Excitabilidad de los nervios...	698
Excitador eléctrico de los ner- vios.....	691
Excitaciones fisiológicas del centro inhibitorio car- díaco.....	369
— inhibitorias cerebrales...	369
— — del centrores- piratorio.....	493
Excitantes de los nervios.....	693
Excreción de la bilis.....	200
Experimentación.....	12
— en los animales.....	23
— comparativa.....	17
— en el hombre.....	19
Experimentos de Abelous y Schäfer.....	510
— de Bersntein y Goltz....	367
— de Mariotte.....	650
— de Scheiner.....	631
— de Stannius.....	357
Expirómetros.....	416, 418 y 419
Eyaculación.....	898

F

Factores del arco reflejo.....	550
Fatiga de los músculos.....	717
— — nervios.....	718
— de la retina.....	663
Fecundación.....	894
— (Lugar de la).....	902
Fehling (Lícor de).....	119
Fenómenos entópticos.....	615
— entópticos.....	643
— mecánicos de la respira- ción.....	412
Fermentaciones de los carbohi- dratos.....	212

	Págs.
Fermentaciones de las grasas y albuminoides.....	213
— por microbios.....	211
— de la orina.....	470
Fermentos: su clasificación...	99
— caracteres y acción de los amorfos.....	99
— origen de los amorfos...	101
— (Teoría de la acción de los).....	102
— vivos y su acción... 105 y	103
— de la coagulación de la leche.....	461
— de la coagulación de la sangre.....	251
— del jugo gástrico.....	182
— — pancreático.....	204
— — de la saliva.....	170
Fibras del pie del pedúnculo ce- rebral.....	785
— del tegumento.....	786
— aferentes del centro res- piratorio.....	377
Fibrina.....	138 y 247
Fibrinógeno.....	249
Filiación de los animales.....	29
Filtración.....	45
— en el glomérulo.....	479
Fisiología: definición y división	9
— general y especiales....	10
Flexuosidad de los vasos.....	298
Focos principales.....	623
Fonación.....	876
Forma anatómica.....	82
Formación de las imágenes en la retina.....	626
Formas de expresión.....	830
Fórmula del ángulo visual....	627
— del movimiento.....	56
Fosfatos.....	53, 466, 472, 448
Fuelle para la respiración arti- ficial.....	40
Fuerza del pulso.....	347
Funciones del aparato lagrimal.	637
— del área somato-cósmica.	560
— de la cápsula interna... 787	
— del cerebelo.....	776
— de los conductos semicir- culares.....	616

	Págs.
Funciones del cuerpo estriado..	791
— de los ganglios nerviosos..	727
— de la glándula tiroides...	495
— del iris.....	615
— del nervio exaltador.....	377
— — depresor.....	375
— — timpánico. 153 y 173	
— del oído externo.....	599
— del oído interno.....	602
— del oído medio.....	593
— de los pedúnculos.....	789
— psíquicas.....	840
— de las raíces anteriores..	741
— — posteriores..	747
— reflejas y automáticas del cerebro.....	808
— de relación.....	546
— de reproducción.....	884
— de la retina.....	648
— del sistema nervioso....	548
— de los tálamos ópticos..	789
— de los tubérculos cuadrigéminos.....	762

G

Galactosa.....	115
Ganglios linfáticos.....	337
— nerviosos del corazón...	355
— — encefálicos.....	733
— — locales de los vasos.....	384
— — medulares.....	732
— — orgánicos.....	780
— — regionales.....	731
Gases intestinales.....	214
— de la sangre.....	235
Gemmación.....	857
Generación espontánea.....	884
Glóbulos polares.....	900
— de la sangre.....	269
— rojos de la sangre.....	271
— — (Funciones de los)..	280
— — (Origen de los)....	290
Glucógeno.....	114 y 437
Glicerina.....	125
Glucosas.....	115 y 449
Gobierno nervioso del iris.....	645

Gobierno nervioso de los movimientos oculares.....	680
Gráficas positivas y negativas..	59
Grasas.....	125, 267, 440 y 449

H

Hambre (sensación del).....	851
Hecos fecales.....	214
Hematina.....	280
Hematoblastos.....	285
Hematoidina.....	282
Hemina.....	281
Hemodinamómetro.....	331
Hemodromógrafo.....	335
Hemoglobina.....	275
Hemotacómetro.....	334
Hermafroditismo.....	889
Heterogenesia.....	885
Hidratos de carbono..	112, 226 y 465
Hipófisis.....	504
Hipótesis sobre las cápsulas supra-renales.....	511
— sobre el páncreas.....	491
— sobre los sexos.....	891
— sobre el sueño.....	862
— sobre el tiroides.....	501
Historia de los glóbulos hemáticos.....	290
— de la innervación cardíaca.	381
Horóptero.....	652
Huevo humano.....	899

I

Índican.....	471
Indol.....	182
Imágenes cromáticas consecutivas.....	672
— de Purkinje.....	682
Importancia de las reservas nutritivas.....	444
Imposibilidad de definir la vida.	72
Impulsos nerviosos.....	552
Índices de refracción.....	622
Individuo vivo.....	76
Inervación cardíaca.....	854
— vascular.....	882

	Págs.		Págs.
Influencia de los nervios en la secreción de la bilis....	201	Línea de acción de los músculos	866
— de los nervios en la secreción del jugo pancreático.....	209	— de la mirada.....	677
— de los nervios en las secreciones digestivas....	167	Linf.....	397
— de los nervios en la secreción láctea.....	467	Localización de los afectos....	854
— de los nervios en la secreción urinaria.....	483	— del centro tónico en el bulbo.....	388
Ingesta.....	514	Localizaciones cerebrales.....	812
Inhibición.....	555	— motoras corticales.....	819
Inspección por el microscopio..	43	Longitudes focales.....	624
Inspiración.....	406	Longitud del paso.....	875
Interrupción eléctrica.....	699	Lugares de la absorción.....	229
Investigaciones fisiológicas....	10	— del cambio atómico.....	90
Irradiación.....	661		
		M	
J		Maltosa.....	115
Jabones.....	126	Manómetro escribiente.....	329
Juego de las válvulas aurículo-ventriculares.....	308	Mantenimiento.....	523
— de las sigmoides.....	310	Marcha.....	873
Jugo gástrico.....	179	Masticación.....	142
— intestinal.....	210	Materias extractivas de la leche	463
— pancreático.....	203	Mecánica circulatoria.....	242
		Mecanismo del cambio gaseoso.	403
K		— genérico de la circulación	296
Kariokinesis.....	888	— — de las secrecio-	
Kilogrametros de trabajo que produce el hombre.....	870	nes.....	475
Kismógrafo de Ludwig.....	332	— — de las secrecio-	
		nes digestivas.....	165
L		— de la secreción urinaria..	479
Latido cardíaco.....	313	— nervioso de la nutrición..	543
Lactosa.....	115	— regulador de la tempera-	
La respiración es un mecanis-		tura.....	584
mo autóctono-reflejo.....	429	— de los reflejos encefálicos	758
Lecitina.....	267	— del tránsito de los alimen-	
Lenguaje.....	848	tos.....	149
Leucocitos.....	283, 285 y 286	Medios refringentes del ojo....	621
Leucomainas.....	455	Menstruación.....	904
Levulosa.....	119	Método gráfico.....	56
Ley de las sacudidas.....	700	— peculiar de la Fisiología..	79
		Micción.....	485
		Miógrafos.....	707, 709 y 711
		Morfina.....	38
		Motores de la circulación.....	236
		Movimiento centrífugo.....	46
		Movimientos del estómago....	155
		— de los intestinos.....	161
		— de la mandíbula.....	143
		— en la marcha.....	87
		— de las vías aéreas.....	412

	Págs.
Músculos espiradores.....	408
— inspiradores.....	406
— intercostales.....	408
— del ojo.....	679

N

Naranja de metilo.....	55
Necrogenesia.....	885
Nervios del gusto.....	580
— de la fonación.....	881
— motores.....	540 y 690
— de la rana.....	749
— secretorios.....	540
— sensibles del corazón....	374
— sensitivos.....	540 y 690
— tróficos.....	542
— vaso-dilatadores.....	390
— vaso-motores.....	383
Nutrición.....	89
— (Intensidad de la).....	91
— funciones que comprende.	95
— (Mecanismo de la).....	92
— de los nervios.....	697

O

Observación.....	11 y 13
Oclusión de las vías nasal y laríngea en la deglución.....	151
Oficio del bulbo en el gobierno del corazón.....	362
— de la secreción interna del páncreas.....	490
Oído.....	588
Ojo esquemático reducido.....	625
Olfato.....	581
Olfatómetro.....	586
Órganos hematopoiéticos.....	224
Origen, curso y terminación de los nervios vaso-motores.....	385
— del glucógeno.....	437
— de la grasa.....	440
Oscilaciones fisiológicas de la temperatura.....	529
Ósmosis.....	47
Ovogenesis.....	899
Oxígeno....	277, 403, 421, 448 y 513

P

	Págs.
Palabra.....	882
Palancas.....	867
Páncreas.....	203 y 488
Paralelo entre los músculos lisos y estriados.....	725
— entre los reflejos cardiacos y vasculares.....	377
— entre los seres vivos é inertes.....	84
Parálisis corticales.....	824
Parte mecánica de la digestión.	140
Partenogénesis.....	890
Parte química de la digestión..	165
Peptonas.....	187 y 187
— (Reacción de las).....	189
Percepciones y juicios visuales	685
Pesadillas.....	890
Pigmentos biliares.....	196
— del suero.....	265
Pila de Grenet.....	659
Pinza miográfica de Marey....	315
Placas motoras.....	725
Plasma.....	260
Pletismógrafo.....	853
Plexo cardíaco.....	360
Pneumógrafo de Marey.....	411
Poder eléctrico de los nervios..	692
Prehensión de los alimentos...	141
Prenoción vulgar acerca de la vida.....	73
Preparaciones del cerebro.....	804
Presión hidráulica.....	243
— en la arteria pulmonar...	329
— en los capilares.....	337
— máxima en los sístoles...	329
— media de la sangre arterial.....	327
— media y velocidad de la linfa.....	401
Principios inmediatos.....	109
— recrementicios.....	448
— excrementicios.....	451
Procedimientos de análisis fisiológica.....	43
— de análisis química.....	51
Propiedades de los músculos...	704
— de los nervios.....	691

	Págs.		Págs.
Proteicos.....	128	Respiración	402
— (Acción del calor sobre los).....	134	— cutánea.....	434
Proteicos de la leche.....	464	— interna.....	427
— de la sangre.....	261	— pulmonar.....	405
Pubertad.....	893	Reproducción: su mecanismo..	885
Pulso arterial.....	340	— asexual.....	887
— venoso.....	350	— sexual.....	889
Puntos principales y nodales...	624	Reservas nutritivas.....	436
Punto de mira.....	677	Resistencias á la circulación...	242
Q		Resistencia de las paredes vasculares.....	300
Quilo.....	397	Resumen de la digestión.....	217
Quimificación.....	177	Resultante dinámica de la circulación.....	322
R		Revolución cardíaca.....	305
Ración de entretenimiento....	515	Rigidez cadavérica.....	724
Reacción elástica.....	238	Riego sanguíneo.....	352
— de Moore y de Bötger....	118	Riñones.....	300, 479 y 505
— de Pettenkofer y Gmelin..	194	Ritmo cardíaco.....	310
— de Millón y Piotrowski..	136	— del pulso.....	345
Reactivo de prueba é indicador.	53	— respiratorio.....	409
— de Esbach.....	176	Ruidos arteriales.....	317
Reconocimiento de la urea y ácido úrico.....	474	— cardíacos.....	316
— de los ácidos del jugo gástrico.....	181	— respiratorios.....	413
Reflejos medulares.....	748	S	
— salivares.....	175	Sabor de la sangre.....	256
— vomitorios.....	161	Sabores elementales.....	579
Regiones correspondientes de la retina.....	682	Sacarosas.....	114
Reintegración de los hechos...	17	Sales biliares.....	195
Relaciones entre las funciones del cerebro y su estructura..	809	— de cal.....	252 y 448
Relación cruzada entre el cerebro y los órganos.....	812	— de potasa y sosa.....	448
Relaciones entre el tiroides y los órganos sexuales.....	503	— del suero.....	268
— entre los ritmos respiratorio y cardíaco.....	319	— de la leche.....	465
— entre la intensidad de un fenómeno y el órgano que lo realiza.....	(9)	— de la orina.....	473
		Salivas particulares.....	171
		Sangre.....	245
		Sed.....	851
		Secreción de la bilis.....	200
		— del cerumen.....	462
		— por el epitelio de los túbulos.....	482
		— interna del páncreas....	488
		— — de los riñones...	505
		— — de las cápsulas..	509
		— — del tiroides.....	501
		— del jugo gástrico.....	186

	Págs.
Secreción del jugo pancreático.....	208
— de la leche.....	467
— de las lágrimas.....	687
— de la orina.....	479
— del sebo cutáneo.....	461
— del sudor.....	458
— del semen.....	585
Separación mecánica.....	45
Sensibilidad al dolor.....	572
— general.....	562
Sensaciones auditivas.....	611
— entóticas.....	615
— entópticas.....	643
— subjetivas.....	614
Sentidos externos.....	561
Sentido del espacio.....	617
— del gusto.....	579
— muscular.....	573
— del oído.....	588
— del olfato.....	581
— de la vista.....	619
— del tacto.....	564
Señal de Deprez.....	68
Simpático 156, 371, 384, 647, 730 y 852	
Sistema centrífugo de la médula.....	738
— centrípeto de la médula.....	743
— de fibras pedunculares.....	785
— linfático.....	396
— vascular.....	240
— vasa-porta.....	300
Síntesis de las funciones de la médula oblongada..	760
— de la protuberancia... ..	761
— de los medios de expresión.....	830
Sístole auricular.....	306
— arterial.....	343
— ventricular.....	307
Síntomas de las lesiones del cerebelo en el hombre.....	777
Solidaridad de las funciones psíquicas.....	844
Substancias en circulación....	241
Sueño fisiológico.....	855
Suero de la sangre.....	260
Sulfatos de la orina.....	478

T

Tambor de Marey.....	61 y 62
Taquipnea.....	434
Técnica para recoger la bilis...	199
— para recoger el jugo entérico.....	211
— para recoger el jugo gástrico.....	184
— para recoger el jugo pancreático.....	206
— para recoger la saliva...	168
Tejidos contráctiles.....	702
Teoría de la coagulación de la sangre.....	247
— de la contracción muscular.....	720
— de la fecundación.....	901
— de la inervación cardíaca.....	379
— — vascular.....	393
— de la inhibición.....	558
— de la visión binocular....	683
Temperatura.....	529 y 539
Tiroides.....	495
— del hombre.....	528
Tipos respiratorios.....	411
Tono y timbre de los sonidos..	589
Trabajo del corazón.....	318
Trabajos exteriores.....	524
Tracción muscular.....	866
Transmisión centrípeta y centrífuga por la médula.....	734
Trayecto de las fibras inhibitorias de los vasos.....	390

U

Unidad del sistema vascular...	298
Urea.....	263, 451, 452 y 474
Uremia.....	506
Úrico (véase ácido úrico).	
Urobilina.....	471

V

Vaciamiento del estómago....	159
Valoración del trabajo muscular.....	724

	Págs.		Págs.
Valor calorimétrico é isodinámico de los principios inmediatos.....	515	Vías centripetas del reflejo inhibitorio.....	365
Variación negativa.....	695	— centrifugas y centripetas de la respiración.....	431 y 433
Velocidad de la conducción nerviosa.....	677	Vibraciones sonoras.....	588
— del pulso.....	346	Vigilia.....	861
— de la sangre en las arterias.....	336	Vis à fronte.....	239
— de la sangre en los capilares.....	337	Vis à tergo.....	288
— de la sangre en las venas.....	336	Visión derecha de los objetos.....	684
Ventajas de la expresión algebraica.....	71	Visión con los dos ojos.....	681
Ventilación de la caja del tambor.....	153 y 595	Vivisecciones.....	29
Ventrículos.....	305	Vocales.....	882
		Vómito.....	160
		Voz: sus caracteres.....	878
		Voz de pecho y de falsete.....	880

Pneumática

Ley de Mariotte — La tensión de un gas es inversamente proporcional á su volumen.

Ley de Crookham — La velocidad con que los gases atraviesan los poros del tabique es inversamente proporcional á las raíces cuadradas de sus densidades y de sus pesos específicos.

Ley de Henry — Dalton — La cantidad absorbida de un gas al volverse por un líquido es independiente de la presión.

— Mangano, C. P., Ag. Plata, Cobro, Hierro, Estao, Plomo.

Ver

20-20
16

aproximada

Proporciones
y. entran los
diferentes ele-
mentos en la
molecula por
cento

C, O - N - H - P.

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{72} = \frac{36}{72} + \frac{24}{72} + \frac{12}{72} + \frac{6}{72} + \frac{1}{72} =$$

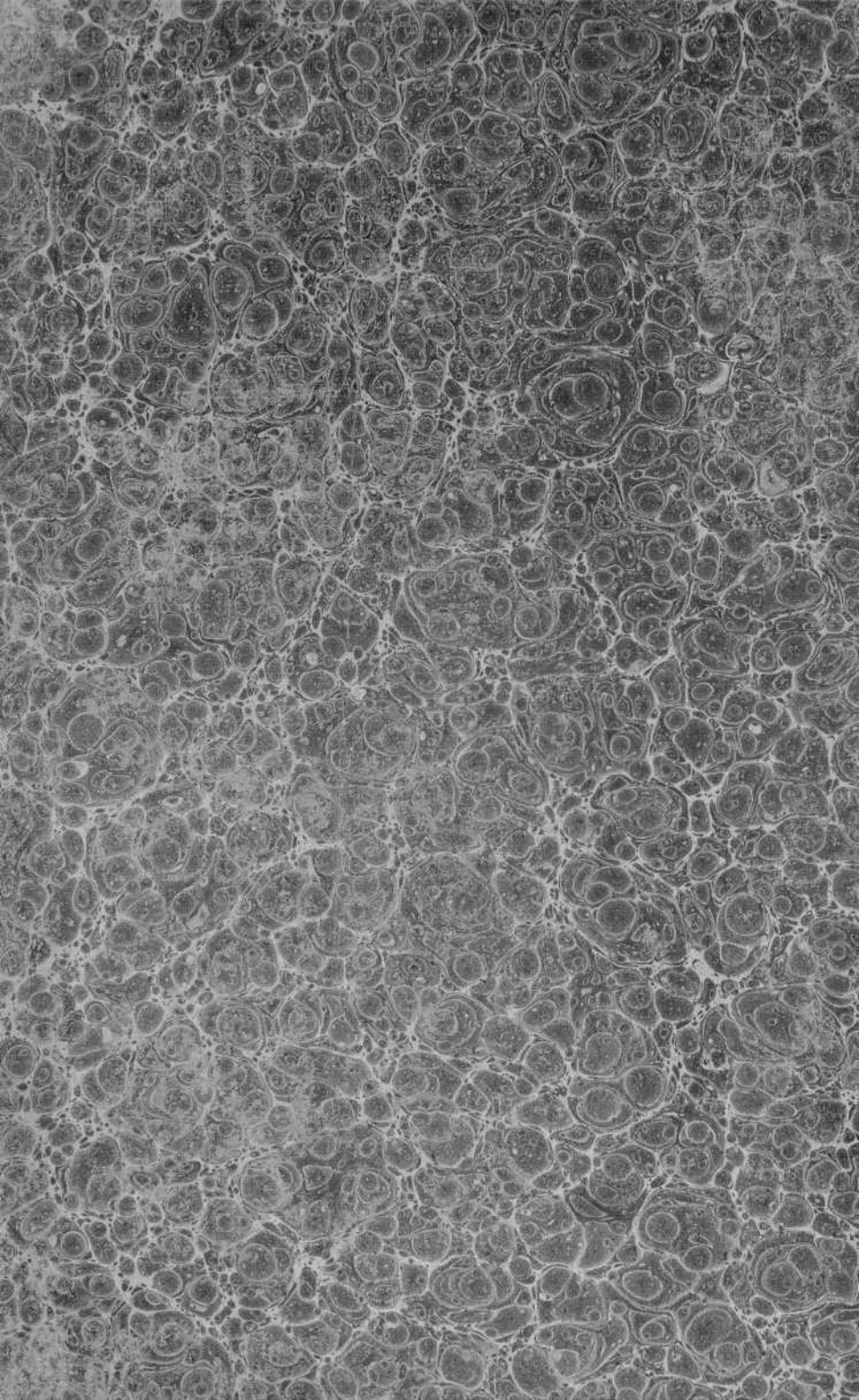
$$= \frac{79}{72} = \frac{37}{36} = \frac{13}{12} = 1 + \frac{1}{12}$$

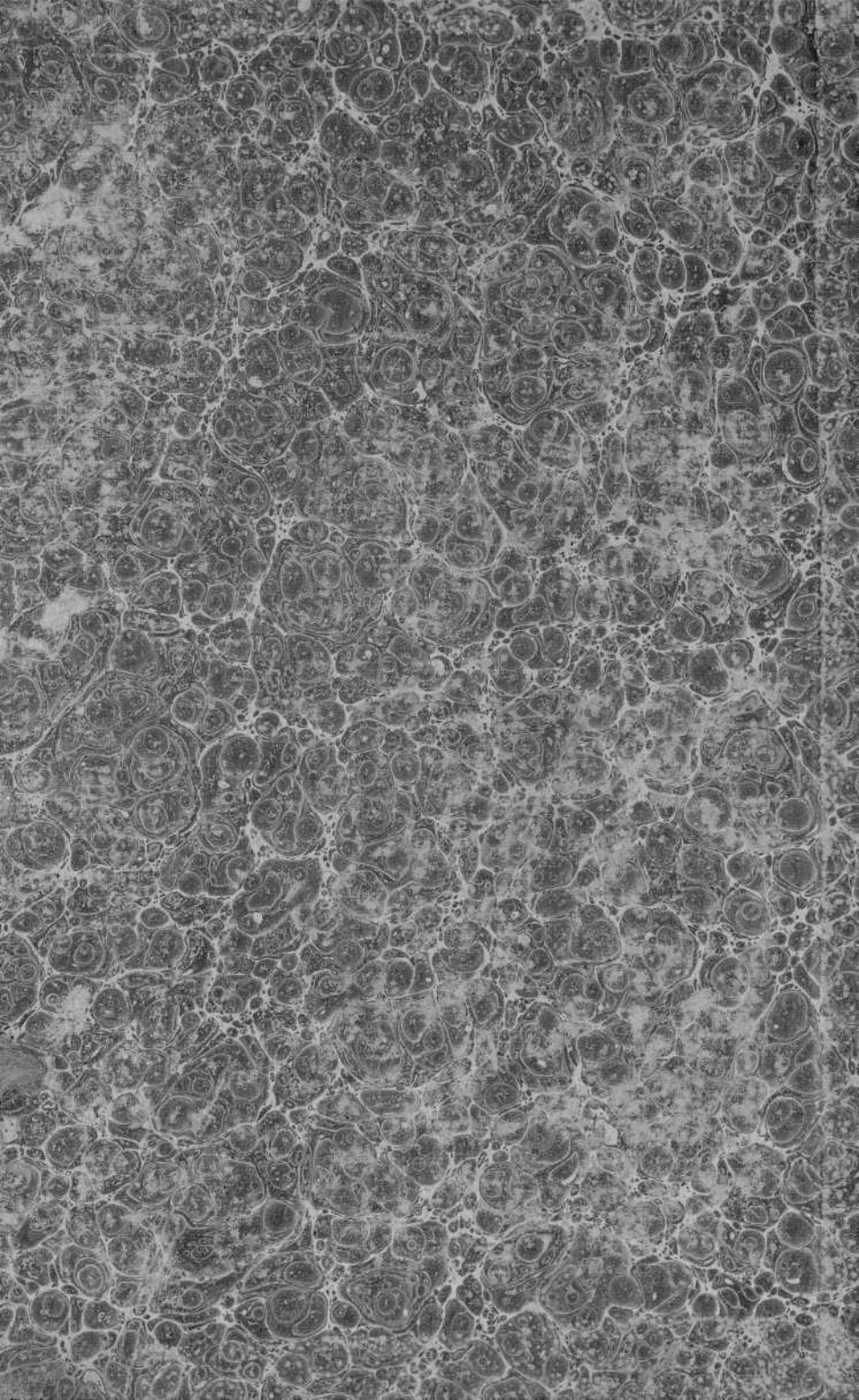
Capacidad absoluta de los pulmones de-
terminada por el método de Graham.

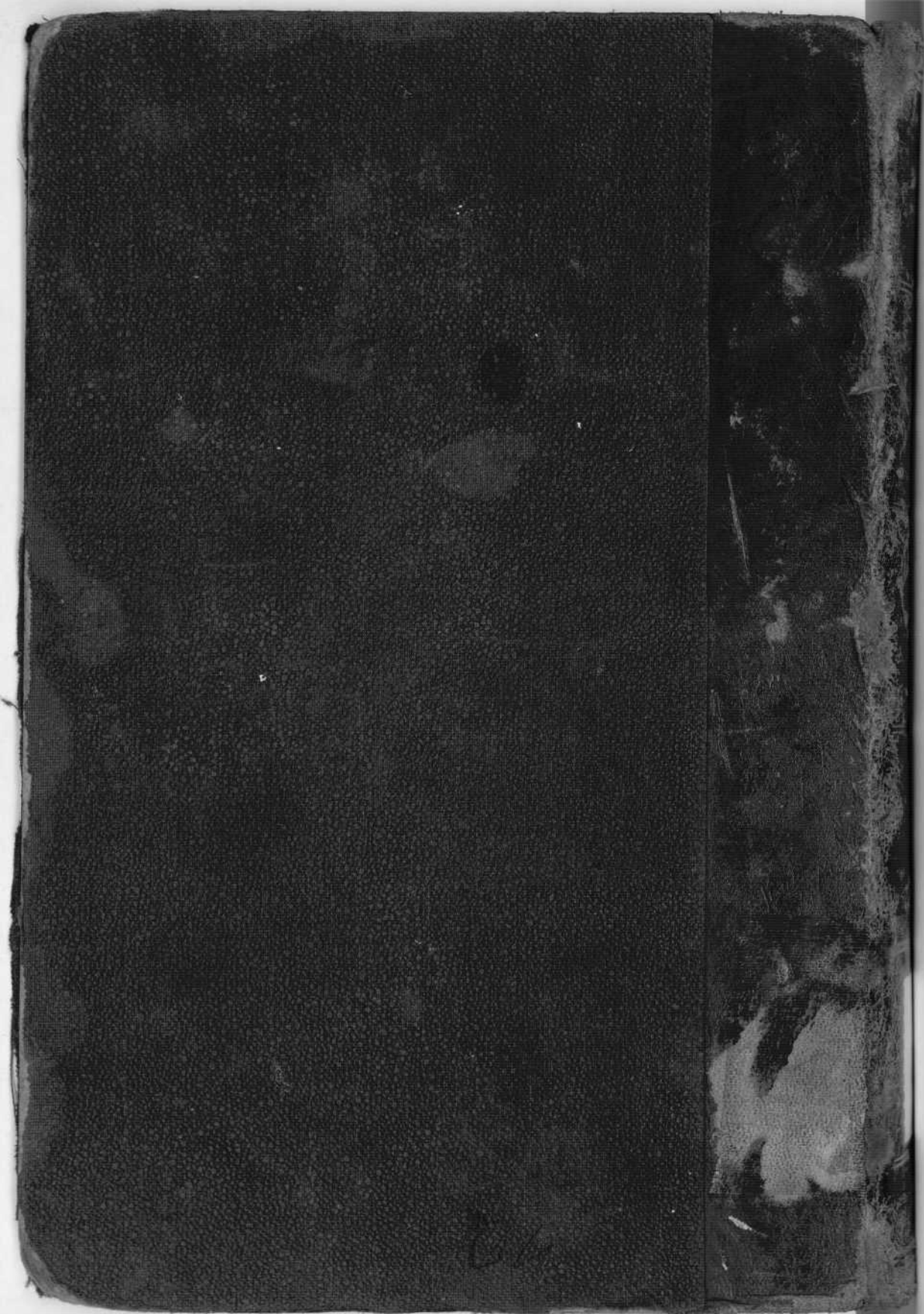
Si el individuo ha respirado en una campana
de 20 litros de capacidad, y cuando la ho-
guedad del H y contenido del aparato respu-
ratorio se ha establecido resulta que de 20 l.
de capacidad de la campana 5 son del gas
de la respiración por lo tanto la siguiente
proporción ^{en la} que expresa la capacidad pulmonar

$$\frac{20}{20} = \frac{L}{16} \text{ de donde } L = \frac{20 \times 16}{20} = 16$$

Es decir que la capacidad absoluta de un
individuo objeto de la experiencia es de 16 litros







GÓMEZ OCAÑA

FISIOLOGÍA

FA

10276

